

**SYÖNTIKÄYTTÄYTYMISOMINAISUUKSIEN PERIYTYMINEN JA
YHTEYDET TUOTANTO-OMINAISUUKSIIN MAATIAISROTUISELLA
SIALLA**

Anna Riihimäki
Maisterin tutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden osasto
Kotieläinten jalostustiede
huhtikuu 2019

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author Anna Riihimäki			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Syöntikäyttätymisominaisuuksien periytyminen ja yhteydet tuotanto-ominaisuuksiin maatiaisrotuisella sialla			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten jalostustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year 04/2019	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 65 s
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Sianlihan tuotannon tavoitteena on tuottaa laadukasta lihaa kustannustehokkaasti ja kestävällä tavalla ympäristö sekä eettiset näkökulmat huomioiden. Tärkeimpiä sian tuotanto-ominaisuuksia: kasvunopeutta, rehunkäyttökykyä ja lihakkuutta on tutkittu paljon verrattuna syöntikäyttätymisominaisuuksiin. Tutkielman tavoitteena oli arvioida syöntikäyttätymisominaisuuksien periytymisasteet ja geneettiset korrelaatiot suomalaisella maatiaisrotuisella sialla. Toisena tavoitteena oli arvioida syöntikäyttätymisominaisuuksien ja tärkeimpien tuotanto-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot.</p> <p>Tutkimusaineisto sisälsi 4059 sian syöntikohtaiset ruokintatiedot ja ne oli mitattu automaattisesti Figen oy:n Längelmäen testiasemalla vuosina 2010-2016 kokeen aloittaneilta sioilta. Mitattavat ominaisuudet olivat syöntikertojen lukumäärä päivässä (NVD), syöntiaika päivässä (TPD), rehunkulutus päivässä (DFI), yhden syöntikerran kesto (TPV), yhden syöntikerran rehunkulutus (FPV), syöntinopeus (FR), päiväkasvu (ADG), selkäsilavan paksuus (BF) ja rehunmuuntokerroin (FCR). Syöntikäyttätymisominaisuuksia tutkittiin viitenä koejaksona.</p> <p>Syöntikäyttätymisominaisuudet periytyvät keskimääräisesti. Periytymisasteet olivat seuraavat: NVD 0,22-0,29, TPD 0,33-0,47, DFI 0,16-0,25, TPV 0,22-0,31, FPV 0,28-0,36, FR 0,35-0,38, ADG 0,27, BF 0,22 ja FCR 0,24. TPD:n ja FR:n periytymisasteet olivat vertailutuloksiin nähden keskimääräisiä, muiden syöntikäyttätymisominaisuuksien periytymisasteet olivat matalahkoja vertailutuloksiin nähden. Tuotanto-ominaisuuksista BF:n periytymisaste oli yllättävän matala. Syöntikäyttätymisominaisuuksien geneettiset korrelaatiot olivat samaa suuruusluokkaa eri koejaksoilla ja korrelaatioita havaittiin samojen ominaisuusparien välillä kuin vertailututkimuksissa. Korkeimmat positiiviset geneettiset korrelaatiot olivat ominaisuuspareilla: TPV ja FPV, FPV ja FR sekä NVD ja TPD. Korkeimmat negatiiviset korrelaatiot olivat ominaisuuspareilla: NVD ja FPV, TPD ja FR sekä NVD ja TPV. Syöntikäyttätymis- ja tuotanto-ominaisuuksien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä geneettinen korrelaatio vain ominaisuuspareilla: DFI ja ADG, DFI ja FCR sekä FPV ja FCR. Kaikki korrelaatiot olivat positiivisia.</p> <p>Tulosten perusteella syöntikäyttätymisominaisuudet ovat kohtalaisesti periytyviä. Koska ainoa syöntikäyttätymis- ja tuotanto-ominaisuuksien väliltä löydetty voimakas geneettinen yhteys oli rehunkulutuksen ja päiväkasvun välillä, syöntikäyttätymisominaisuuksien sisällyttäminen jalostusohjelmaan ei ole tarpeellista. Toisaalta syöntikäyttätymistiedon keruu ruokinta-automaatilta on vaivatonta ja havainnot luotettavia, joten niitä voidaan käyttää eläinten terveyden ja hyvinvoinnin tarkkailussa.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords syöntikäyttätyminen, sika, maatiainen, periytymisaste, geneettinen korrelaatio, tuotanto-ominaisuus			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasi Pekka Uimari			

HELSINGIN YLIOPISTO - HELSINGFORS UNIVERSITET - UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Anna Riihimäki			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Estimation of heritability of feeding behavior traits and their correlation with production traits in Finnish Landrace pigs			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal Science			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis	Aika — Datum — Month and year 04/2019	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 65 p	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>The target of pork production is to produce lean meat efficiently in a sustainable way taking into account environment and ethical aspects. The most important production traits in pigs are average daily gain, feed efficiency and leanness. A lot of research is conducted related to production traits in comparison to feeding behavior traits. The objective of this study was to estimate heritability of feeding behavior traits and their genetic correlations with production traits in Finnish Landrace population.</p> <p>The data included feeding records of 4059 Landrace pigs measured automatically in Figen's test station. The pigs had started their test period during 2010 - 2016. The measured traits were the number of visits per day (NVD), time spent in feeding per day (TPD), daily feed intake (DFI), time spent feeding per visit (TPV), feed intake per visit (FPV), feeding rate (FR), average daily gain (ADG), back fat thickness (BF) and feed conversion ratio (FCR). Feeding behavior traits were divided into 5 periods.</p> <p>Heritability estimates of feeding behavior traits were moderate. The heritability estimates were 0,22-0,29 for NVD, 0,33-0,47 for TPD, 0,16-0,25 for DFI, 0,22-0,31 for TPV, 0,28-0,36 for FPV, 0,35-0,38 for FR, 0,27 for ADG, 0,22 for BF, and 0,24 for FCR. Compared to other published results heritabilities of TPD and FR were similar. However, heritabilities of other feeding behavior traits were quite low compared to published results. In addition, heritability of BF was unexpectedly low.</p> <p>The genetic correlations of feeding behavior traits were similar at different test periods. The highest positive genetic correlations were between traits TPV – FPV, FPV – FR, and NVD – TPD. The highest negative genetic correlations were between traits NVD – FPV, TPD – FR, and NVD – TPV. Genetic correlations between feeding behavior traits and production traits were low. Only between DFI – ADG, DFI – FCR, and FPV – FCR the genetic correlations were significant (and positive).</p> <p>In conclusion, heritabilities of feeding behavior traits were moderate. Because the only strong genetic correlation between feeding behavior and production traits was obtained between DFI and ADG, including feeding behavior traits in breeding programs is not necessary. However, feeding behavior data are easy to collect from the electronic feeders and the observations are reliable, thus daily feeding records can be used for monitoring animal's health and welfare.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords feeding behavior, pig, Landrace, heritability, genetic correlation, production trait, welfare			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisor: Pekka Uimari			

Sisällys

LYHENTEET JA SYMBOLIT	5
1 JOHDANTO	6
2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN	8
2.1 Sian jalostettavat ominaisuudet ja niiden yhteys terveyteen sekä hyvinvointiin	8
2.2 Syöntikäyttäytyminen	11
2.2.1 Ruokintamenetelmän vaikutus syöntikäyttäytymiseen ja tuotanto-ominaisuuksiin	13
2.2.2 Syöntikäyttäytymisen yhteys tuotanto-ominaisuuksiin	16
2.2.3 Syöntikäyttäytymisen yhteys terveyteen ja hyvinvointiin	18
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	19
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	19
4.1 Aineiston rakenne ja tutkittavat ominaisuudet	20
4.2 Aineiston esikäsittely ja rajaukset	21
4.3 Havaintojen keskiarvot ja jakaumat	21
4.4 Ominaisuuksiin vaikuttavat systemaattiset tekijät sekä niiden luokittelu	25
4.5 Sukupuuaineiston koko ja rakenne	26
4.6 Tilastolliset menetelmät	27
5 TULOKSET	30
5.1 Periytymisasteet	30
5.2 Korrelaatiot	32
5.3 Sukupuolen vaikutus ominaisuuksiin	36
5.4 Perinnöllinen edistyminen	38
6 TULOSTEN TARKASTELU	40
6.1 Fenotyyppiset ominaisuudet	41
6.2 Periytymisasteet	46
6.3 Korrelaatiot	49
6.3.1 Syöntikäyttäytymisominaisuuksien väliset korrelaatiot	49
6.3.2 Syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien väliset korrelaatiot	52
6.4 Sukupuolten ratkaisut	55
6.5 Perinnöllinen edistyminen	55
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	57
8 KIITOKSET	58
LÄHTEET	59
Liitteet:	64
Liite 1. Periytymisaste, korrelaatio ja perinnöllinen edistyminen – lyhyt teoria	64
Liite 2. Tuotanto-ominaisuuksien geneettisten korrelaatioiden vertailu	65

LYHENTEET JA SYMBOLIT

ADG =	keskimääräinen päiväkasvu (g)	(average daily gain)
BF =	selkäsilavan paksuus (mm)	(back fat thickness)
DFI =	rehunkulutus päivässä (g)	(feed intake per day)
FCR =	rehunmuuntokerroin (kg/kg)	(feed conversion ratio)
FPV =	yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	(feed intake per visit)
FR =	syöntinopeus (g/min)	(feeding rate)
NVD =	syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	(number of visits per day)
RFI =	residuaalinen syöinti	(residual feed intake)
TPD =	syöntiaika päivässä (min)	(time spent in feeding per day)
TPV =	yhden syöntikerran kesto (min)	(time spent feeding per visit)

1 JOHDANTO

Maailmassa kasvatetaan noin miljardi lihasikaa vuodessa ja sianlihan osuus on noin 40 % punaisen lihan kulutuksesta (Rothschild ja Ruvinsky 2011, s. 306). Suomessa sikatilojen määrä ja sianlihan tuotanto ovat vähentyneet heikon kannattavuuden vuoksi viimeisten kymmenen vuoden aikana; vuonna 2007 Suomessa tuotettiin 213 miljoonaa kiloa sianlihaa, kun vuonna 2017 tuotettiin enää 181 miljoonaa kiloa (Karhula 2018, s. 38-39). Vuonna 2017 päätoimisia sikatiloja oli Suomessa noin 600 (Karhula 2018, s. 38) ja sikatilan keskimääräinen koko oli 1871 eläintä (Ruokatieto 2018). Kolme neljäsosaa Suomen siantuotannosta on Varsinais-Suomen, Satakunnan sekä kolmen Pohjanmaan maakunnan alueella (Niemi 2014, s. 36).

Sianlihantuotannon tavoitteena on tuottaa laadukasta lihaa tehokkaasti ja kestäväällä tavalla ympäristö sekä eettiset näkökulmat huomioiden (Rauw ym. 1998, Reyer ym. 2017). Rehukustannukset ovat suurimpia sianlihan tuotantokustannuksia (Rauw ym. 2006a, Young ym. 2011). Jotta rehukustannuksia voidaan pienentää, on tärkeää tutkia rehunkulutukseen liittyviä tekijöitä, kuten syöntikäyttäytymisominaisuuksia ja näiden vaikutuksia tuotanto-ominaisuuksiin. Syöntikäyttäytymisominaisuuksia voidaan havainnoida jo nuorilta eläimiltä ja jos syöntikäyttäytymisominaisuuksilla ja tuotanto-ominaisuuksilla on yhteyksiä, voidaan eläimiä valita jo nykyistä nuorempina syöntikäyttäytymisen perusteella. Tuotanto- ja syöntikäyttäytymisominaisuuksien välisiä geneettisiä korrelaatioita on tunnistettu tutkimuksissa, esimerkiksi nopeasti syövien eläinten on havaittu olevan nopeakasvuisempia (Do ym. 2013).

Tärkeimpiä tuotanto-ominaisuuksia: kasvunopeutta, rehunkäyttökykyä ja lihakkuutta on tutkittu paljon. Syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymistä on tutkittu tuotanto-ominaisuuksiin verrattuna vähän ja syöntikäyttäytymistutkimus on melko nuori ala. Tutkimusaineiston keräämiseen soveltuvien elektronisten ruokinta-automaattien käyttö on alkanut vasta 1980-luvun lopulla ja ensimmäiset periytymisasteita ja geneettisiä korrelaatiota koskevat tutkimukset ovat 1990-luvun puolivälistä (Schulze ym. 2001, Xin ym. 2016). Längelmäen testiasemalla syöntikäyttäytymistiedon keruu elektroniselta ruokinta-automaatilta on ollut mahdollista vuodesta 2006.

Tutkielman tavoitteena oli arvioida syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteet ja geneettiset korrelaatiot viitenä koejaksona suomalaisella maatiaisrotuisella sialla. Toisena tavoitteena oli arvioida syöntikäyttäytymisominaisuuksien ja tärkeimpien tuotanto-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot.

2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN

Sianjalostus alkoi yli 100 vuotta sitten Suomessa ja Suomen Sianjalostusyhdistys on perustettu vuonna 1908 (Mälkiä 2017). Nykyään Suomessa on noin 1,2 miljoonaa sikaa (Mälkiä 2017). Siat kuuluvat kahteen jalostusohjelmaan: Figen oy:n ja Finnpig oy:n ohjelmiin. Figen oy:n jalostusohjelmaan kuuluu noin 300 000 – 400 000 eläintä (Mälkiä 2017), eli noin 30 % Suomen sioista. Loput, noin 70 %, Suomen sioista kuuluu Finnpig oy:n jalostusohjelmaan (Lehtonen 2010). Figenin jalostusohjelma perustuu kotimaiseen eläinainekseen, suomalaiseen maatiaiseen ja suomalaiseen yorkshireen. Finnpigin jalostusohjelma perustuu tuontieläinainekseen ja 3-roturisteytykseen (Finnpig 2019a). Finnpigin jalostusohjelmassa emärotuina käytetään norjalaista maatiaista ja tanskalaista yorkshirea ja isärotuna tanskalaista durocia (Finnpig 2019a). Finnpigin eläinainekset tuodaan Suomeen emä- ja isärotujen keinosiemennyskarjuina Norjasta ja Tanskasta (Finnpig 2019a). Oy Snellman Ab omistaa Figen oy:n (Snellman 2019) ja A-Tuottajat Oy sekä HKScan Finland Oy omistavat Finnpig oy:n (Finnpig 2019b). Liitteessä 1 on määritelty lyhyesti tässä tutkielmassa käytetyt keskeiset termit periytymisaste, geneettinen korrelaatio ja perinnöllinen edistyminen.

2.1 Sian jalostettavat ominaisuudet ja niiden yhteys terveyteen sekä hyvinvointiin

Sian jalostettavat ominaisuudet jaetaan yleensä tuotanto- ja lisääntymisominaisuuksiin. Tavoitteena on tuottaa paljon elinvoimaisia porsaita, jotka kasvavat hyvin, muuntavat rehun tehokkaasti proteiiniksi sekä ovat vähärasvaisia ja terveitä (Rothschild ja Ruvinsky 2011, s. 399). Jalostusohjelmassa tärkeitä ominaisuuksia ovat mm. kasvunopeus, rehunkäyttökyky ja lihakkuus (Rauw ym. 2006b, Knap 2014). Taloudellisuus, laatu, eettisyys ja ympäristön huomioiminen ovat arvoja jalostettavien ominaisuuksien taustalla (Serenius ja Muhonen 2007, Reyer ym. 2017).

Kasvua mitataan kasvunopeutena, eli päiväkasvuna (ADG, g/d). Kasvunopeus tarkoittaa elopainon muutosta aikayksikössä ja perustuu punnitustietoihin (Rothschild ja Ruvinsky 2011, s. 487). Kasvu voidaan mitata erikseen eri kasvunvaiheissa, tyypillisesti mitataan kasvunopeutta noin 25 kg:n painosta teurasikään asti (Rothschild ja Ruvinsky 2011, s. 326). Rehunkäyttökykyä mitataan rehunmuuntokerroimella (FCR, kg/kg) ja residuaalisella syönnillä (RFI). Rehunmuuntokerroin lasketaan eläimen syömä

rehumäärä jaettuna sen kasvulla (Rothschild ja Ruvinsky 2011, s. 489). Residuaalinen syönti on eläimen todellisen ja odotetun rehunkulutuksen erotus (Kennedy ym. 1993). Odotettu rehunkulutus perustuu laskennalliseen vertaisryhmän ylläpito- ja kasvutarpeeseen vaadittavaan rehunkulutukseen (Kennedy ym. 1993). Negatiivinen residuaalisen syönnin arvo on tarkoittaa keskimääräistä parempaa rehunkäyttökykyä (Kennedy ym. 1993).

Vähärasvaisuutta arvioidaan selkäsilavan paksuudesta (BF, mm), silavan alaisen lihaskerroksen paksuudesta sekä näiden tietojen avulla lasketusta ruhon liha- ja rasvaprosentista (Komission päätös 2008). Vähärasvaisuutta voidaan arvioida sekä ruhosta että elävältä eläimeltä. Ominaisuudet voivat muuttua iän funktiona. Esimerkiksi rehuhyötysuhde heikkenee iän myötä, koska kasvavat siat tarvitsevat sitä enemmän energiaa perusaineenvaihdunnan ylläpitämiseen ja rasvakerrostuman luomiseen, mitä suurempia ne ovat (Guo ym. 2015).

Jalostettavat ominaisuudet voidaan jakaa kuuteen ryhmään niiden tärkeyden perusteella (Knap 2014). Ensimmäisessä ryhmässä ovat klassiset tuotanto-ominaisuudet: kasvu ja selkäsilavan paksuus, joiden periytymisaste on kohtalainen tai korkea ja jotka on helppo mitata. Toiseen ryhmän ominaisuudet, pahnuekoko ja rehunkäyttökyky, ovat yhtä tärkeitä jalostusvalinnassa kuin ensimmäisen ryhmän ominaisuudet, mutta näiden periytymisaste on matala tai mittaamiseen tarvitaan korkeaa teknologiaa. Kolmanteen ryhmään kuuluvat vastustettavat ominaisuudet, kuten porsaskuolleisuus. Neljänteen ryhmään kuuluvat uudemmat ominaisuudet esimerkiksi lihan ns. ”karjunhaju”, joiden arvoon kuluttajien mieltymykset ovat vaikuttaneet. Viidennen ryhmän ominaisuudet: lihan pH, lihan sisäinen rasva, ja rasvahappokoostumus, ovat neljännen ryhmän ominaisuuksien tavoin uudempia ominaisuuksia. Viidennen ryhmän ominaisuuksia on saatettu ottaa mukaan jalostusvalintaan jo ennen kuin niille on määritetty taloudellinen painoarvo. Kuudenteen ryhmään kuuluvat ominaisuudet eivät itsessään lisää tuottoa, mutta vaikuttavat kokonaisuuteen siten, että näidenkin ominaisuuksien huomioiminen on tärkeää. Kuudenteen ryhmään kuuluvia ominaisuuksia ovat: jalkarakenne, nisien lukumäärä, lihasten muoto ja porsaan syntymäpaino (Knap 2014).

Ominaisuuksien painotukseen jalostusohjelmassa vaikuttavat mm. vallitseva politiikka, rotu ja ajatukset tulevaisuuden tarpeista. Vuosien saatossa kokonaisjalostusarvossa

mukana olevien ominaisuuksien määrä on lisääntynyt (Serenius ja Muhonen 2007, Knap 2014). Suomalaisen sianjalostusohjelman jalostettavien ominaisuuksien taloudellisia painoarvoja on tutkittu biologistaloudellisella mallilla ja kolme taloudellisesti tärkeintä ominaisuutta ovat pahnuekoko, rehunmuuntokerroin sekä ruhon lihaprosentti (Serenius ja Muhonen 2007). Osalla jalostettavista ominaisuuksista, kuten lihan laadulla, on taloudellisen arvon lisäksi sosiaalinen arvo (Serenius ja Muhonen 2007). Tukipolitiikka vaikuttaa ominaisuuksien taloudellisiin painokertoimiin. Jos Suomessa ei maksettaisi tukia, pahnuekoon, porsaskuolleisuuden, emakon kestävyys ja ruhon lihaprosentin taloudelliset arvot kasvaisivat (Serenius ja Muhonen 2007).

Jalostettavilla ominaisuuksilla voi olla yhteyksiä eläinten terveyteen, hyvinvointiin ja tuotannon ympäristövaikutuksiin. Esimerkiksi rehunkäyttökyvyllä on rehukustannusvaikutuksen lisäksi vaikutusta myös tuotannon ympäristöjalanjälkeen ja eläinrehuntuotantoon tarvittavaan peltopinta-alaan (Saintilan ym. 2013).

Residuaalisella syönnillä on yhteys eläimen ylläpitoenergiantarpeeseen sekä syöntikapasiteettiin (Cai ym. 2008, Hoque ym. 2009). Residuaalista syöntiä jalostettaessa yleistyvät siat, joiden ylläpitoenergian tarve on keskimääräistä pienempi. Tämä voi vähentää eläinten kelpoisuutta sekä lisätä stressin ja sairauksien määrää (Cai ym. 2008). Mikäli eläinlinjaa valitaan residuaalisen syönnin perusteella, kasvu voi hidastua ja selkäsilavan paksuus ohentua (Cai ym. 2008). Toisin sanoen residuaalisen syönnin valinta voi johtaa rehunsyöntikyvyn pieneneeseen ja tuotannon vähentymiseen (Hoque ym. 2009, Do ym. 2013). Eläimillä, jotka syövät vähemmän tai joiden rehunmuuntokerroin on pienempi, on havaittu heikentynyt lisääntymiskyky (Rauw ym. 1998). Kasvavan sian pienentynyt syöntikapasiteetti on yhteydessä myös imettävän emakon heikompaan syöntikapasiteettiin (Yoder ym. 2014). Pahnuekoon ja syntymäpainon on havaittu pienenevän rehunmuuntokertoimen suhteen valituissa sikalinjoissa (Rauw ym. 1998).

Lihan kasvunopeus on yhteydessä jalkojen kestävyteen ja tuotanto- sekä lisääntymisominaisuuksien välillä on yhteyksiä (Rauw ym. 1998). Sioilla, joilla on korkeampi punaisen lihan kasvunopeus, on havaittu enemmän etu- ja takajalkojen jalkaheikkoutta kuin kontrollilinjajoilla (Rauw ym. 1998). Päiväkasvun, lihakkuuden ja selkäsilavan paksuuden jalostamisen on havaittu vaikuttavan lisääntymisominaisuuksiin: puberteetti voi viivästyä, ja kiima lyhentyä sekä heikentyä (Rauw ym. 1998).

Nopeakasvuisuuden ja ohuen selkäsilavan jalostaminen voi pidentää vieroituksesta tiinehtymiseen kuluva aikaa emakoilla (Rauw ym. 1998) ja heikentää emakon kestävyyttä (Yoder ym. 2014). Lihakkuuden kasvu on yhteydessä suurempaan aikuiskokoon (Rauw ym. 1998).

Rauhallisemmat siat sopivat paremmin suuriin ryhmiin kuin reaktiivisemmat siat (Rohrer ym. 2013), mutta valinta lihan kasvunopeuden perusteella on voinut johtaa siihen, että eläimet ovat vähemmän sopeutuvaisia ympäristön aiheuttamaan stressiin tai ovat aggressiivisempia (Rohrer ym. 2013). Aggressiivisuuden periytymisasteeksi on arvioitu 0,3-0,4 (Rohrer ym. 2013).

2.2 Syöntikäyttäytyminen

Syöntikäyttäytymishavainnot perustuvat yleensä elektronisen ruokinta-automaatin keräämiin tietoihin. Längelmäellä ruokinta-automaatti (Schauer MLP electronic feeders) tunnistaa automaatille saapuvan sian yksilöllisesti transponderista. Automaatin luukku aukeaa, kun sika saapuu automaatille ja sulkeutuu, kun sika poistuu automaatilta. Automaatissa oleva vaaka punnitsee saatavilla olevan rehumäärän aina sian poistuttua automaatilta. Näin saadaan havainnot saapumiskellonajasta, poistumiskellonajasta sekä rehunkulutuksesta ja havaintojen perusteella voidaan laskea useita tunnuslukuja syöntikäyttäytymisestä. Kokeen alussa sioilla on muutaman päivän mittainen automaatin käytön harjoittelujakso.

Tutkituimpia syöntikäyttäytymisominaisuuksia ovat syöntikertojen lukumäärä päivässä (NVD), syöntiin käytetty aika päivässä (TPD), rehunkulutus päivässä (DFI), yhden syöntikerran kesto (TPV), yhden syöntikerran rehunkulutus (FPV) ja syöntinopeus (FR) (Von Felde ym. 1996, Labroue ym. 1997, Schulze ym. 2001, Do ym. 2013, Lu ym. 2017). Myös syöntikertojen lukumäärää tunnissa, syöntiin käytettyä aikaa tunnissa, rehunkulutusta tunnissa sekä syöntivälin pituutta ja syöntihetken ajoittumista tiettyyn vuorokauden aikaan on tutkittu (Baumung ym. 2006, Xin ym. 2016). Syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteet ovat korkeita 0,4-0,6 (Labroue ym. 1997, Do ym. 2013) tai ainakin keskimääräisiä ja korkeita 0,1-0,6 (Von Felde ym. 1996, Schulze ym. 2001, Chen ym. 2010b, Lu ym. 2017, Kavlak & Uimari 2019).

Syöntikäyttäytymisominaisuuksien fenotyyppiset tulokset vaihtelevat huomattavasti eri tutkimusten välillä. Tämä johtuu muun muassa siitä, että syöntikäyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä on paljon (Baumung ym. 2006). Rotu, sukupuoli, eläimen ikä, terveystilanne ja perimä, karsina, ruokinta-automaattityyppi, ympäristön lämpötila, vuodenaika, saatavilla oleva rehu, eläinryhmän koko, eläintiheys ja sian asema ryhmässä vaikuttavat syöntikäyttäytymisominaisuuksiin (Young ym. 1994, Nielsen ym. 1995, Rauw ym. 2006b, Do ym. 2013, Andretta ym. 2016, Xin ym. 2016). Koeasettelu, eläimen ikä ja matemaattinen mallinnus puolestaan vaikuttavat periytymisasteisiin (Schulze ym. 2001, Chen ym. 2010a, Lu ym. 2017).

Lu ym. (2017) mukaan sosiaalisen vuorovaikutuksen tekijä selittää suurimman osan fenotyyppisestä vaihtelusta syöntikäyttäytymisominaisuuksissa. Isossa, usean kymmenen eläimen, ryhmässä sikojen väliset suhteet ovat erilaisia verrattuna pieneen ryhmään (Li ja Johnston 2009). Ryhmien muodostus vaikuttaa sikojen käyttäytymiseen; kun uusia ryhmiä muodostettiin ennestään toisilleen tutuista ryhmistä, tappelivat siat vähemmän kuin muodostettaessa ryhmiä toisilleen tuntemattomista eläimistä (Li ja Johnston 2009).

Imisät syövät kerralla vähemmän rehua ja hitaammin kuin leikot (Andretta ym. 2016), lisäksi imisät käyttävät päivässä vähemmän aikaa syömiseen kuin leikot (Brown-Brandl ym. 2013). Myös rotujen välillä on eroja; yorkshire syö useampia kertoja päivässä ja vähemmän yhdellä syöntikerralla kuin maatiainen (Baumung ym. 2006). Luonnossa sialla kuluu 75 % päivittäisestä aktiivisuusajasta ruokaan liittyvään käyttäytymiseen, kun taas jalostettu nykysika käyttää ruokinta-automaatilla aikaa noin tunnin päivässä (Rydhmer ja Canario 2013).

Sikojen syönti painottuu valoisaan aikaan, jopa 73 % rehusta syödään valoisaan aikaan syöntiaktiivisuuden ollessa suurimmillaan iltapäivällä noin klo 16 (Andretta ym. 2016). Sikalan valaistusjaksojen aikataulu vaikuttaa sikojen syöntikäyttäytymiseen (Baumung ym. 2006) ja ryhmän heikommassa sosiaalisessa asemassa olevat siat syövät enemmän niinä vuorokaudenaikoina, jolloin kilpailua on vähemmän verrattuna vahvemmassa asemassa oleviin sikoihin (Chen ym. 2010b).

Rehunkulutus ja syöntinopeus kasvavat iän funktiona (Rauw ym. 2006b). Päivittäinen syöntiaika sen sijaan on suurimmillaan kesken kasvukautta. Rauw ym. (2006b)

tutkimuksessa päivittäinen syöntiaika oli suurimmillaan 113 päivän iässä. Chenin ym. (2010a) tutkimuksessa päiväsyönnin ja päiväkasvun periytymisasteiden sekä ominaisuuksien välisen geneettisen korrelaation havaittiin olevan korkeampia nuoremmilla eläimillä verrattuna vanhempiin eläimiin ja Rauw ym. (2006a) mukaan korkeampi residuaalinen syönti on yhteydessä eläinten suurempaan aktiivisuuteen.

Syöntikäyttäytymistä voidaan tutkia useana koejaksona, koepäivän funktiona satunnaisregressiomallilla tai yhtenä koejakson keskiarvohavaintona (Von Felde ym. 1996, Rauw ym. 2006b, Coyne ym. 2017). Tutkimusaika on jaettu useassa tutkimuksessa viiteen koejaksoon (Von Felde ym. 1996, Rauw ym. 2006b, Kavlak ja Uimari 2019). Syöntikäyttäytymishavaintoja voidaan käyttää sekä lyhyen- että pitkänajan analyyseihin. Rauw ym. (2006a) mukaan päiväsyönnin seuranta voi olla päiväkasvun seuranta parempi mittari lyhyen ajan analyyseissä.

Syöntikäyttäytymisominaisuudet ovat helposti mitattavia, mutta niitä ei voida käyttää apuna taloudellisesti tärkeiden ominaisuuksien jalostamisessa rehunkulutusta lukuun ottamatta, sillä muiden syöntikäyttäytymisominaisuuksien yhteyksiä tuotanto-ominaisuuksiin ei tunneta tarpeeksi hyvin. Syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymistä ja yhteyksiä taloudellisesti tärkeisiin tuotanto-ominaisuuksiin on tärkeää tutkia, jotta mahdolliset yhteydet löydetään ja syöntikäyttäytymisominaisuuksista saatavaa tietoa voidaan hyödyntää myöhemmin vaikkapa jalostusvalinnassa. Toisaalta, jos voimakas jalostus muuttaa syöntikäyttäytymistä luonnottomaan suuntaan, on sekin tärkeää havaita.

2.2.1 Ruokintamenetelmän vaikutus syöntikäyttäytymiseen ja tuotanto-ominaisuuksiin

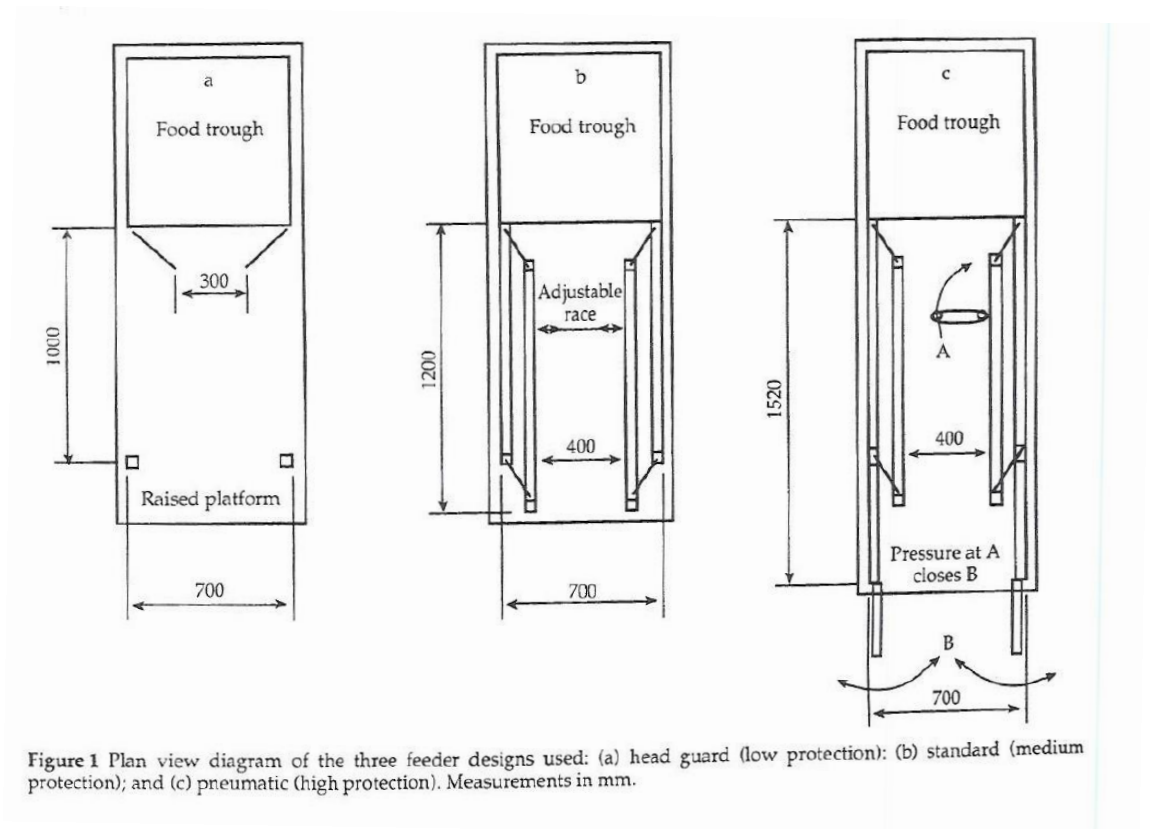
Ruokintamenetelmä vaikuttaa syöntikäyttäytymiseen. Yksinään kasvatetut siat käyttävät enemmän aikaa syömiseen ja päivittäinen syöntikertojen lukumäärä on niillä suurempi verrattuna ryhmässä kasvatettuihin sikoihin (De Haer ym. 1993a). Vapaa vaiheruokinta ryhmäkarsinoissa on tavallisin lihasikojen kasvatuksessa käytetty ruokintamenetelmä (Andretta ym. 2016), mutta tiineitä emakoita ruokitaa usein rajoitetusti (Colpoys ym. 2016).

Kahdesti päivässä ruokitut, rajoitetusti rehua saavat, siat kasvavat hitaammin, kuluttavat vähemmän rehua, käyttävät päivässä vähemmän aikaa syömiseen verrattuna vapaaruokinnalla oleviin sikoihin (Colpoys ym. 2016). Kahdesti päivässä ruokittujen syöntifrekvenssi on pienempi vapaasti rehua saaviin sikoihin verrattuna (Colpoys ym. 2016). Andrettan ym. (2016) mukaan yksilökohtainen tarkkuusruokinta on tehokkain tapa kasvattaa nopeakasvuisia sikoja ja vähentää sianlihantuotannon ravinnehukkaa.

Syöntikäyttäytymistä mitataan yksilöllisesti automaattisesti esimerkiksi jalostus- ja tutkimussikaloissa, joissa on elektroniset ruokinta-automaatit (Casey ym. 2005, Faltys ym. 2014). Automatisoidut ruokintalaitteet tuottavat paljon yksilöllistä tietoa sikojen käyttäytymisestä (Chen ym. 2010a) ja tietoa voidaan hyödyntää tuotannon tehokkuutta kehitettäessä (Xin ym. 2016). Syöntikäyttäytymisen mittaaminen on näin ollen vaivatonta ja tietoa syöntikäyttäytymisestä saadaan runsaasti jo nuorelta eläimeltä. Yksilöllistä syöntikäyttäytymistä mittaavat ruokinta-automaatit on otettu käyttöön 1980-luvun loppupuolelta alkaen (Xin ym. 2016), jotta voidaan seurata kasvunopeuden, rehunkulutuksen ja teurasominaisuuksien välisiä yhteyksiä ryhmäkasvatetuilla sioilla (De Haer ym. 1993b). Ennen ruokinta-automaattien kehittämistä syöntikäyttäytymistietoa on voitu kerätä vain yksilökasvatetuilta sioilta (De Haer ym. 1993b). Elektronisilta ruokinta-automaateilta saadun syöntikäyttäytymistiedon hyödyntäminen geneettisessä analyysissä on alkanut 1990-luvulla, ensimmäiset tutkimukset lienevät Von Felden ym. 1996 ja Labrouen ym. 1996 (Schulze ym. 2001).

Rehunkäyttökyvyn mittaamisen luotettavuutta on voitu parantaa käyttämällä automaattisesti syöntikäyttäytymistiedon tallentavia ruokintajärjestelmiä (Lu ym. 2017). Syöntikäyttäytymistä tutkivissa kokeissa käytetään tyypillisesti suojaavuustasoltaan kolmenlaisia ruokinta-automaatteja: niukasti suojaavia, kohtalaisesti suojaavia sekä laajasti suojaavia (Kuva 1, Nielsen ym. 1995). Niukasti suojaavat automaatit eivät juuri tarjoa eläimelle syöntirauhaa (Nielsen ym. 1995). Kohtalaisesti suojaavissa automaateissa on eläimen mittainen syöntiparsi ja ne antavat eläimelle keskimääräisen syöntirauhan (Nielsen ym. 1995). Laajasti suojaavissa ruokinta-automaateissa on pitkän syöntiparren lisäksi takaportti (Nielsen ym. 1995). Laajasti suojaavien automaattien kääntöpuolena on, että eläinten on vaikein oppia käyttämään niitä (Nielsen ym. 1995).

Avoimemmissa ruokinta-automaateissa siat syövät nopeammin verrattuna paremmin suojaaviin ruokinta-automaatteihin (Nielsen ym. 1995). Päivittäiseen rehunkulutukseen, päivittäiseen syöntikertojen lukumäärään sekä ruokinta-automaatilla vietettyyn aikaan ruokinta-automaattityypillä ei ollut vaikutusta (Nielsen ym. 1995). Kaikilla ruokinta-automaattityypeillä sikoja voidaan ruokkia vapaasti (Nielsen ym. 1995).



Kuva 1. Suojaavuustasoltaan erilaiset ruokinta-automaattityypit. a = niukasti suojaava, b = kohtalaisesti suojaava ja c = laajasti suojaava ruokinta-automaattityyppi (Nielsen ym. 1995).

IVOG-automaatit ovat niukasti suojaavia, FIRE-automaatit kohtalaisesti suojaavia ja ACEMA-automaatit laajasti suojaavia (Nielsen ym. 1995). Längelmäen SCHAUER-ruokinta-automaatit ovat kohtalaisesti suojaavia. Chen ym. (2010b) havaintojen mukaan ACEMA-ruokinta-automaateilla tehdyissä tutkimuksissa syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteet ovat olleet korkeampia verrattuna FIRE- ja IVOG- ruokinta-automaateilla tehtyihin tutkimuksiin.

Ruokintajärjestelmän muuttuessa sian täytyy sopeutua uuteen järjestelmään ja muutokseen sopeutuminen vaikuttaa syöntikäyttäytymiseen (Schulze ym. 2001). Ruokinta-automaateilta saatu aineisto voi sisältää virrehavaintoja (Casey ym. 2005) ja siksi aineiston esikäsittelyssä on tärkeää poistaa virrehavainnot muokkaamattomasta aineistosta. Casey ym. (2005) on määritellyt FIRE-ruokinta-automaateille 16 virhetyyppiä raja-arvoineen.

Useimpia syöntikäyttäytymisominaisuuksia voidaan mitata myös laitteistolla, joka ei mittaa rehunkulutusta. Tällöin karsinakohtaisten ruokinta-automaattien sijasta tarvitaan vähemmän havaintoja kerääviä laitteita ja laitteiston asentaminen ja huoltaminen on vaivattomampaa (Brown-Brandl ym. 2013). Syöntikäyttäytymishavaintoja voidaan kerätä myös videokuvaamalla eläimiä (Colpoys ym. 2016).

2.2.2 Syöntikäyttäytymisen yhteys tuotanto-ominaisuuksiin

Syöntikäyttäytymisominaisuuksien yhteyksiä tuotanto-ominaisuuksiin on tutkittu, mutta tulokset ovat osin ristiriitaisia. Päivittäisen rehunkulutuksen ja kasvunopeuden välillä on positiivinen fenotyyppinen ja geneettinen korrelaatio, eli nopeammin kasvavat siat syövät enemmän päivässä kuin hitaammin kasvavat siat (Rauw ym. 2006b, Lu ym. 2017). Myös yhden syöntikerran rehunkulutuksen ja kasvunopeuden välillä on havaittu positiivinen fenotyyppinen sekä geneettinen korrelaatio (De Haer ym. 1993, Lu ym. 2017), mutta kaikissa tutkimuksissa tätä yhteyttä ei ole ilmennyt (Do ym. 2013). Päivittäisen rehunkulutuksen ja selkäsilavan paksuuden välillä on positiivinen yhteys (De Haer ym. 1993b, Rauw ym. 2006b, Do ym. 2013). Myös yhden syöntikerran rehunkulutuksen ja selkäsilavan paksuuden välillä on positiivinen yhteys (De Haer ym. 1993, Do ym. 2013).

Residuaalisen syönnin ja rehunkulutuksen välillä on positiivinen korrelaatio, eli korkean residuaalisen syönnin eläimet syövät päivässä enemmän kuin matalan residuaalisen syönnin eläimet (Von Felde ym. 1996, Young ym. 2011, Lu ym. 2017). Residuaalisen syönnin ja rehunkulutuksen yhteyttä on tutkittu yhtenäisessä populaatiossa sekä residuaalisen syönnin suhteen jalostetun linjan ja kontrollilinjan avulla (Von Felde ym. 1996, Young ym. 2011).

Residuaalinen syönti korreloi päivittäisen syöntiajan kanssa sekä geneettisesti että fenotyyppisesti, eli korkean residuaalisen syönnin eläimet käyttävät enemmän aikaa syömiseen kuin matalan residuaalisen syönnin eläimet (De Haer ym. 1993b, Young ym. 2011, Lu ym. 2017). Myös residuaalisen syönnin ja syöntifrekvenssin välillä on ollut nähtävissä positiivinen fenotyyppinen ja geneettinen korrelaatio (De Haer ym. 1993a, De Haer ym. 1993b, Do ym. 2013), eli siat, joiden residuaalinen syönti on suurempi, käyvät useammin ruokinta-automaatilla.

Residuaalisen syönnin ja syöntinopeuden välillä on ilmennyt ristiriitaisia korrelaatioita (Do ym. 2013, Lu ym. 2017, Young ym. 2011). Lu ym. (2017) tutkimuksessa residuaalisen syönnin ja yhden syöntikerran rehunkulutuksen välillä on ollut positiivinen geneettinen korrelaatio, mutta Do ym. (2013) tutkimuksissa ominaisuusparin välillä on havaittu ristiriitaisia geneettisiä korrelaatioita.

Syöntinopeuden ja kasvunopeuden välillä on havaittu positiivinen geneettinen korrelaatio osassa tutkimuksista, mutta kaikissa tutkimuksissa tätä tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ei ole havaittu (Schulze ym. 2001, Do ym. 2013, Lu ym. 2017). Myös syöntinopeuden ja selkäsilavan paksuuden välillä on useimmissa tutkimuksissa havaittu positiivinen yhteys (De Haer ym. 1993b, Labroue ym. 1997, Lu ym. 2017), mutta kaikissa tutkimuksissa tätä yhteyttä ei ole ilmennyt (Do ym. 2013, Kavlak ja Uimari 2019).

Syöntikertojen lukumäärä päivässä ja selkäsilavan paksuus sekä yhden syöntikerran rehunkulutus ja rehunmuuntokerroin ovat ominaisuuspareja, joiden välisistä geneettisistä korrelaatioista on ristiriitaisia tuloksia (Do ym. 2013, Rohrer ym. 2013, Kavlak ja Uimari 2019). Colpoys ym. (2016) ovat arvioineet käyttäytymiserojen voivan selittää eroja sikojen energiankulutuksessa.

2.2.3 Syöntikäyttäytymisen yhteys terveyteen ja hyvinvointiin

Sekä tuottajat että kuluttajat ovat kiinnostuneita eläinten hyvinvoinnista (Colpoys ym. 2016). Syöntikäyttäytymistieto on arvokasta ja sitä voidaan käyttää apuna eläinten hoitamisessa, sairaiden eläinten yksilöinnissä sekä perinnöllisten erojen selvittämisessä (Brown-Brandl ym. 2013). Syöntikäyttäytymisominaisuuksien avulla voidaan havainnoida terveyttä. Brown-Brandl ym. (2013) tutkimuksessa siat luokiteltiin sairaiksi, jos ne käyttivät syömiseen alle 33 minuuttia päivässä ja terveiksi, jos ne käyttivät syömiseen yli 66 minuuttia päivässä. Sikojen, jotka käyttivät syömiseen 33-66 minuuttia päivässä, terveystilaa ei voitu päätellä syöntiin käytetystä ajasta (Brown-Brandl ym. 2013).

Elektronisilta ruokkijoilta saatua tietoa voidaan käyttää hännän purennan puhkeamisen tarkkailuun (Wallenbeck ja Keeling 2013). Sian matala syöntifrekvenssi ennustaa, että siasta voi tulla myöhemmin purijasika (Wallenbeck ja Keeling 2013). Ne siat, joilla on korkea syöntifrekvenssi ovat taas potentiaalisia uhreja hännänpurennalle (Wallenbeck ja Keeling 2013). Karsinoissa, joissa on alentunut syöntifrekvenssi muihin karsinoihin verrattuna, voidaan odottaa hännänpurentaa (Wallenbeck ja Keeling 2013). Hännänpurennalle altistavia tekijöitä ovat suuri ryhmäkoko ja erirotuiset siat samassa karsinassa (Wallenbeck ja Keeling 2013). Syöntikäyttäytymistiedoista voidaan ennustaa hännänpurijoita jopa 6-9 viikkoa ennen purennan ilmentymistä (Wallenbeck ja Keeling 2013). Hännän purennan uhreilla on matalampi rehunkulutus purennan aikana ja sen jälkeen (Wallenbeck ja Keeling 2013).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tämän maisteritutkielman tavoitteena on selvittää sikojen syöntikäyttäytymisen periytymistä maatiaisrodulla ja syöntikäyttäytymisominaisuuksien yhteyksiä tuotantominaisuuksiin. Lisäksi tavoitteena on pohtia käytännöllisiä syöntikäyttäytymisominaisuuksiin liittyviä näkökulmia, joista on hyötyä eläinten hoitotyössä.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkielman aineisto on saatu Figen oy:lta Längelmäen testiasemalta. Testiasemalla testataan ensisijaisesti maatiais- ja yorkshirerotuisia karjuja, mutta myös imisiä ja leikkoja voi olla mukana kokeessa. Testiasemalla on 13 osastoa. Yhdessä osastossa on 8 karsinaa, joista kuudessa on ruokinta-automaatti ja kahdessa viimeisessä on liemiruokinta. Yhdessä karsinassa on noin 11 eläintä ja karsinan koko on 16,8 m². Karsinan pinta-alasta kaksi kolmasosaa on kiinteää lattiaa ja loppu on ritilää. Jokaisessa ruokinta-automaattikarsinassa on 2 vesinippaa ja liemiruokintakarsinassa on yksi nippa. Jokaisessa karsinassa on virikelelu. Testiasemalla on lisäksi karjujen odotusosasto, sekä lastaus- ja sairasosastot.

Porsaat saapuvat testiasemalle kolmen kuukauden iässä; tämän aineiston maatiaissiat saapuivat asemalle keskimäärin 35,7 kg painoisina ja 88,7 päivän iässä. Koejakso kestää noin 14 viikkoa, jonka aikana kerätään tietoa eläinten kasvusta, rehunkulutuksesta, rakenteesta, lihakkuudesta, silavan paksuudesta ja terveydestä. Kokeen aikana eläimet ovat ryhmäkarsinoissa vapaaruokinnalla. Tässä aineistossa olevat siat on ruokittu teollisilla täysrehuilla (Längelmäki1 ja Längelmäki2). Kahdesta täysrehusta on muodostettu kasvuvaiheiden mukainen rehukäyrä. Rehukäyrä on 4- tai 5-vaiheina ja vaiheiden määrä vaihtelee eri saapumiserissä.

Sikalassa on koneellinen ilmanvaihto ja ilmastointia säädetään sikojen kasvuvaiheen ja ulkoilman lämpötilan mukaan. Koejakson ajan osastoissa noudatetaan lämpökäyrää siten, että nuorempien sikojen osastoissa on lämpimämpää kuin vanhempien sikojen osastoissa. Osastojen valot sytytetään aamulla klo 7 ja sammutetaan iltapäivällä klo 15. Siat

tarkistetaan kahdesti päivässä, karsinat puhdistetaan ja kuivutetaan kerran päivässä. Kuivikkeena käytetään kutteria. Myös virikeheinää jaetaan kerran päivässä.

4.1 Aineiston rakenne ja tutkittavat ominaisuudet

Syöntikäyttäytymisaineistoa voidaan kerätä vain karsinoista, joissa on ruokinta-automaatti (Schauer MLP electronic feeders 2005, Saksa). Ruokinta-automaatti tunnistaa sian yksilöllisesti korvassa olevan transponderin perusteella ja tallentaa tiedon, milloin sika on tullut automaatile, milloin se on lähtenyt pois automaatilta ja kuinka paljon rehua sika on syönyt automaattilla olon aikana. Syöntiaineiston lisäksi sioista oli saatavilla punnitustulokset ja teurasaineisto. Koska samaa transponderia käytetään uudestaan eri eläimille, transponderin ja eläimen identin välinen yhteys saatiin tiedostosta, jossa oli sian identiteettinumero, transponderin numero sekä ensimmäinen ja viimeinen päivämäärä, joilta sialta on syöntikäyttäytymistietoa. Sukupuuaineisto sisälsi tiedot eläimen sekä isän ja emän identeistä, syntymäajasta, sukupuolesta ja rodusta. Näiden tietojen perusteella jokaiselle sialle määritettiin myös pahnuetunniste. Teurasaineisto sisälsi tiedot sikojen teuraspainosta, silavan paksuudesta, lihakkuudesta ja lihan laadusta.

Syöntikäyttäytymisaineisto oli alun perin tallennettu erä- ja karsinakohtaisesti Excel-tiedostoihin, joita oli 816. Alkuperäisissä tiedostoissa jokainen syöntikertahavainto oli oma rivinsä. Raaka-aineistosta laskettiin päivittäisten syöntikertojen lukumäärä (NVD, krt), syötiin käytetty aika päivässä (TPD, min) ja rehunkulutus päivässä (DFI, g). Jokaiselle päivälle laskettiin myös yhden syöntikerran kesto (TPV, min) ja yhden syöntikerran rehunkulutus (FPV, g) päivittäisten havaintojen keskiarvona. Myös syöntinopeus (FR, g/min) laskettiin päivittäisinä keskiarvoina. Näistä päiväkohtaisista havainnoista laskettiin lopulliset analyysissä käytettävät jaksokohtaiset havainnot jaksoon kuuluvien testipäivien havaintojen keskiarvoina. Jaksot olivat koepäivin seuraavat: 1-20, 21-40, 41-60, 61-80 ja 81-93.

Tuotanto-ominaisuuksista analysoitiin päiväkasvu (ADG, g), selkäsilavan paksuus (BF, mm) ja rehunmuuntokerroin (FCR, kg/kg). Selkäsilavan paksuus saatiin teurastuloksista ja se on kahden Hennessyn luokittelumenetelmällä 4 mitatun tuloksen keskiarvo. Toinen

mittaus on tehty viimeisen kylkiluun takaa 8 cm etäisyydeltä selän keskilinjasta ja toinen mittaus on tehty kolmannen ja neljännen kylkiluun välistä 6 cm etäisyydeltä selän keskilinjasta. Rehunmuuntokerroin on päivittäisen rehunkulutuksen ja päiväkasvun suhdeluku.

4.2 Aineiston esikäsittely ja rajaukset

Tutkielmassa käytetty aineisto sisältää vuosien 2010-2016 aikana testiasemalle saapuneet siat. Ensin aineisto rajattiin maatiaisiin. Tämän jälkeen aineistoa rajattiin karsimalla eläimet, joista oli havaintoja liian lyhyeltä ajalta tai joilta oli hyvin poikkeavia havaintoja. Aineistosta karsittiin siat, joilta oli havaintoja alle 81 koepäivältä. Aineistosta karsittiin myös siat, joilla jokin syöntikäyttäytymisominaisuus poikkesi yli 4 hajonnan yksikköä ominaisuuden keskiarvosta. Tämän jälkeen aineistosta karsittiin eläimet, joiden karja-vuosi-vuodenaika -luokan koko oli vain 1 tai 2 eläintä. Tämä karsinta tehtiin, koska karja-vuosi-vuodenaika -tekijä on mallissa kiinteä tekijä. Eläimiltä, joilla jokin tuotanto-ominaisuuksien (päiväkasvu, selkäsilavan paksuus ja rehunmuuntokerroin) havainto poikkesi yli 4 hajonnan yksikköä keskiarvosta, muutettiin kyseinen havainto tuntemattomaksi. Rajaamattomassa maatiaisaineistossa oli 4430 eläintä ja rajausten jälkeen jäljelle jäi 4059 eläintä.

4.3 Havaintojen keskiarvot ja jakaumat

Lopullisessa aineistossa syöntikäyttäytymisominaisuuksiin liittyviä havaintoja oli 4059 sialta, päiväkasvutieto oli käytettävissä 4057 sialta, selkäsilavan paksuus 3688 sialta ja rehunmuuntokerroin 4012 sialta (Taulukko 1).

Taulukko 1. Syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien tunnuslukuja

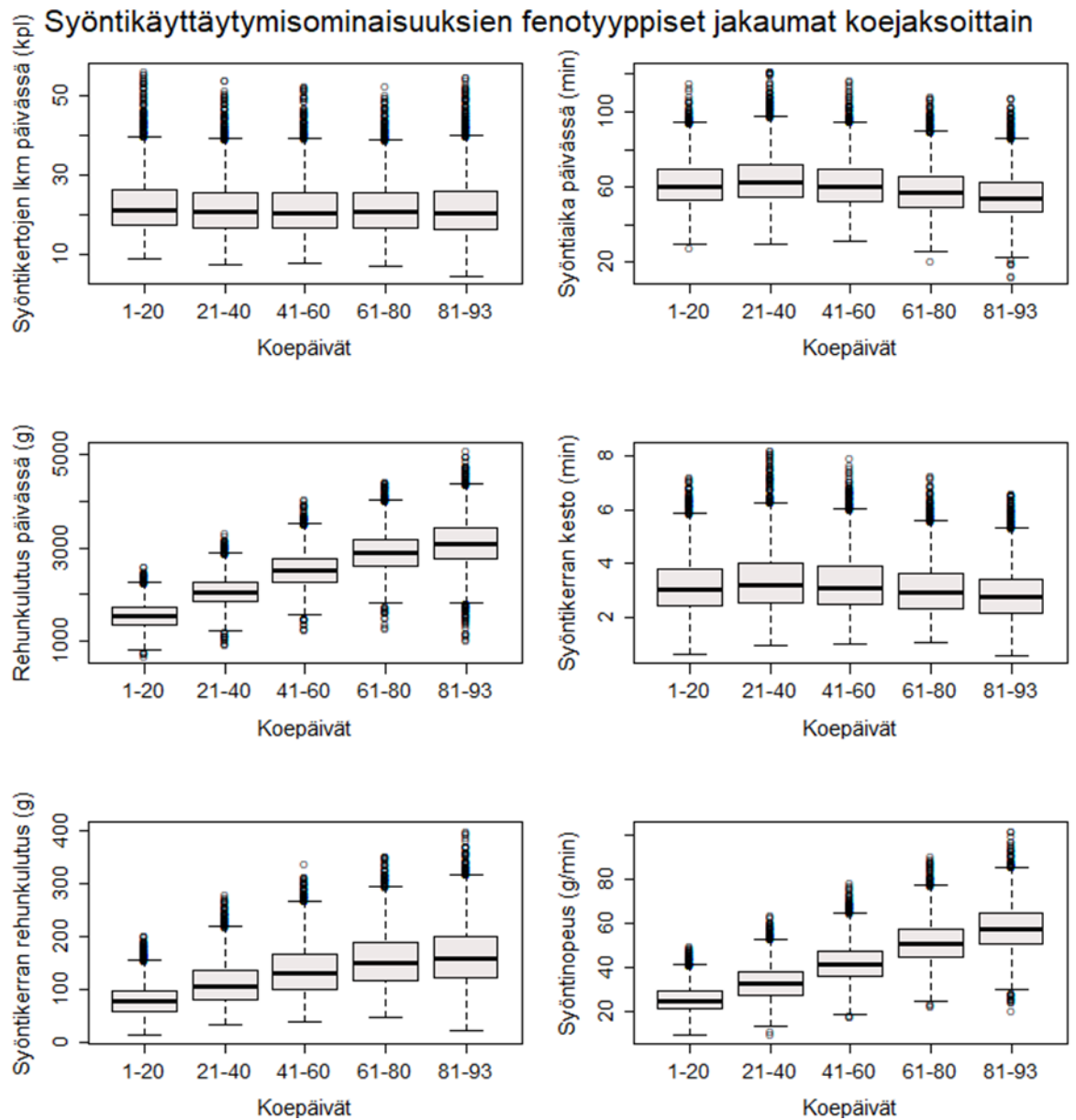
Ominaisuus	Lyhenne	n	ka	SD	min	max
Jakso 1						
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	NVD1	4059	22,4	7,3	8,7	56,2
Syöntiaika päivässä (min)	TPD1	4059	61,9	12,7	27,8	116
Rehunkulutus päivässä (g)	DFI1	4059	1539	275	679	2621
Yhden syöntikerran kesto (min)	TPV1	4059	3,2	1,0	0,6	7,2
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	FPV1	4059	81,0	30,1	13,3	203
Syöntinopeus (g/min)	FR1	4059	25,7	6,2	9,4	49,9
Jakso 2						
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	NVD2	4059	21,7	7,1	7,3	54,0
Syöntiaika päivässä (min)	TPD2	4059	64,0	13,6	29,7	122
Rehunkulutus päivässä (g)	DFI2	4059	2057	328	915	3340
Yhden syöntikerran kesto (min)	TPV2	4059	3,4	1,2	0,9	8,2
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	FPV2	4059	111	40,8	33,0	279
Syöntinopeus (g/min)	FR2	4059	33,3	7,6	10,0	64,0
Jakso 3						
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	NVD3	4059	21,6	7,1	7,6	52,5
Syöntiaika päivässä (min)	TPD3	4059	61,9	12,9	30,8	117
Rehunkulutus päivässä (g)	DFI3	4059	2544	396	1249	4070
Yhden syöntikerran kesto (min)	TPV3	4059	3,3	1,1	1,0	7,9
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	FPV3	4059	138	49,4	38,7	339
Syöntinopeus (g/min)	FR3	4059	42,4	9,0	18,0	78,9
Jakso 4						
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	NVD4	4059	21,7	7,0	6,8	52,6
Syöntiaika päivässä (min)	TPD4	4059	58,3	12,2	20,6	109
Rehunkulutus päivässä (g)	DFI4	4059	2918	440	1293	4460
Yhden syöntikerran kesto (min)	TPV4	4059	3,1	1,0	1,1	7,3
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	FPV4	4059	156	52,8	46,7	353
Syöntinopeus (g/min)	FR4	4059	51,6	10,1	22,7	91,0
Jakso 5						
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	NVD5	4059	21,7	7,6	4,5	54,9
Syöntiaika päivässä (min)	TPD5	4059	55,1	12,5	12,7	108
Rehunkulutus päivässä (g)	DFI5	4059	3108	521	1033	5097
Yhden syöntikerran kesto (min)	TPV5	4059	2,9	1,0	0,6	6,6
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	FPV5	4059	166	57,7	23,3	400
Syöntinopeus (g/min)	FR5	4059	58,1	11,1	20,6	102
Tuotanto-ominaisuudet						
Päiväkasvu (g)	ADG	4057	919	104	541	1319
Selkäsilavan paksuus (mm)	BF	3688	11,3	2,4	5,6	20,4
Rehunmuuntokerroin (kg/kg)	FCR	4012	2,6	0,2	2,0	3,4

n = havaintojen lukumäärä, ka = keskiarvo, min = pienin arvo, max = suurin arvo

Keskimäärin maataisrotuiset siat kävivät syömässä 22 kertaa päivässä (Taulukko 1). Osa sioista kävi syömässä selkeästi useammin, jopa 40-50 kertaa päivässä (Kuva 2). Päivittäinen syöntiaika oli suurimmillaan koejaksolla 2, jonka jälkeen se laski kokeen loppua kohti (Kuva 2). Päivittäisen syötiin käytetyn ajan keskiarvot vaihtelivat 55 minuutista 64 minuuttiin (Taulukko 1).

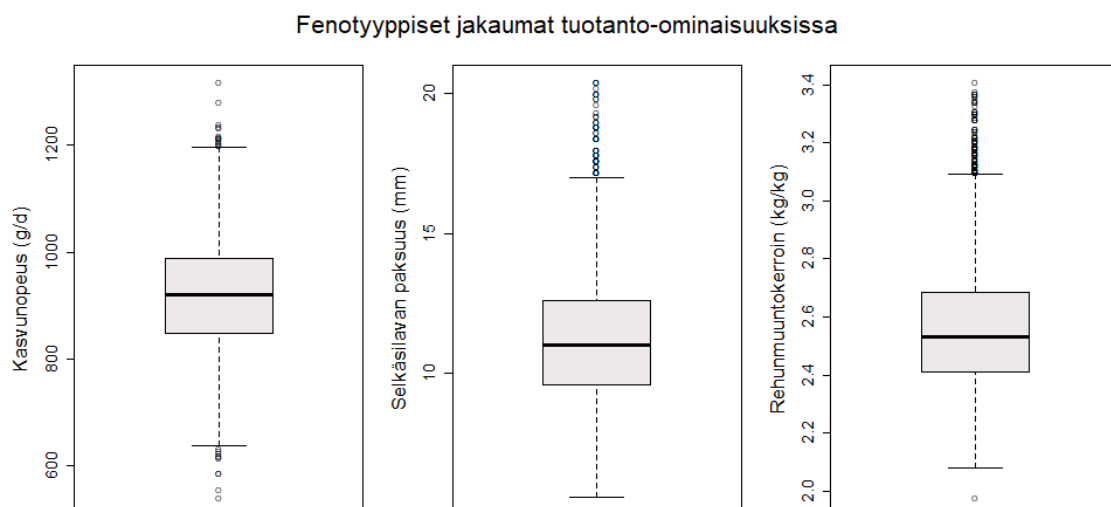
Päivittäinen rehunkulutus kasvoi läpi koejaksojen (Kuva 2) 1500 g:sta 3100 g:aan (Taulukko 1). Kertasyöntiajan suhteen toisella jaksolla syöntiajat ovat pisimmät ja tämän jälkeen laskevat kokeen loppua kohden (Kuva 2). Tämä on luonnollista, sillä syöntikertojen lukumäärä päivässä oli likimain vakio läpi koejaksojen. Kertasyöntiajan keskiarvon muutos oli 3,4 minuutista 2,9 minuuttiin siirryttäessä koejaksolta 2 koejaksolle 5.

Yhden syöntikerran rehunkulutus (Kuva 2) ja syöntinopeus (Kuva 2) kasvoivat läpi koejaksojen. Yhden syöntikerran rehunkulutus kaksinkertaistui jakson 1 keskikulutuksesta 81 g:sta jakson 5 keskikulutukseen 166 g:aan (Taulukko 1). Yhden syöntikerran rehunkulutuksen kasvu on luonnollista, sillä päivittäinen rehunkulutus kasvoi myös läpi koejaksojen, mutta päivittäinen syötiin käytetty aika pieneni jakson 2 jälkeen. Syöntinopeuden keskiarvo kasvoi 26 g:sta minuutissa 58 g:aan minuutissa siirryttäessä jaksolta 1 jaksolle 5 (Taulukko 1).



Kuva 2. Syöntikäyttäytymisominaisuuksien jakaumat koejaksoittain laatikkokuvioina.

Päiväkasvun keskiarvo oli 919 g ja vaihteluväli yli 4 hajonnan yksikköä keskiarvosta poikenneiden havaintojen poiston jälkeen 541-1319 g päivässä (Taulukko 1 ja kuva 3). Selkäsilavan paksuuden keskiarvo oli 11,3 mm ja vaihteluväli 5,6-20,4 mm (Taulukko 1 ja kuva 3). Tiedot selkäsilavan paksuudesta on vain kokeen päättyessä teurastetuilta sioilta. Rehunmuuntokertoimen keskiarvo oli 2,6 ja vaihteluväli 2,0-3,4 (Taulukko 1 ja kuva 3). Rehunmuuntokerroin tarkoittaa, kuinka monta kilogrammaa rehua tarvitaan tuottamaan yksi elopainokilo.



Kuva 3. Tuotanto-ominaisuuksien jakaumat laatikkokuvioina.

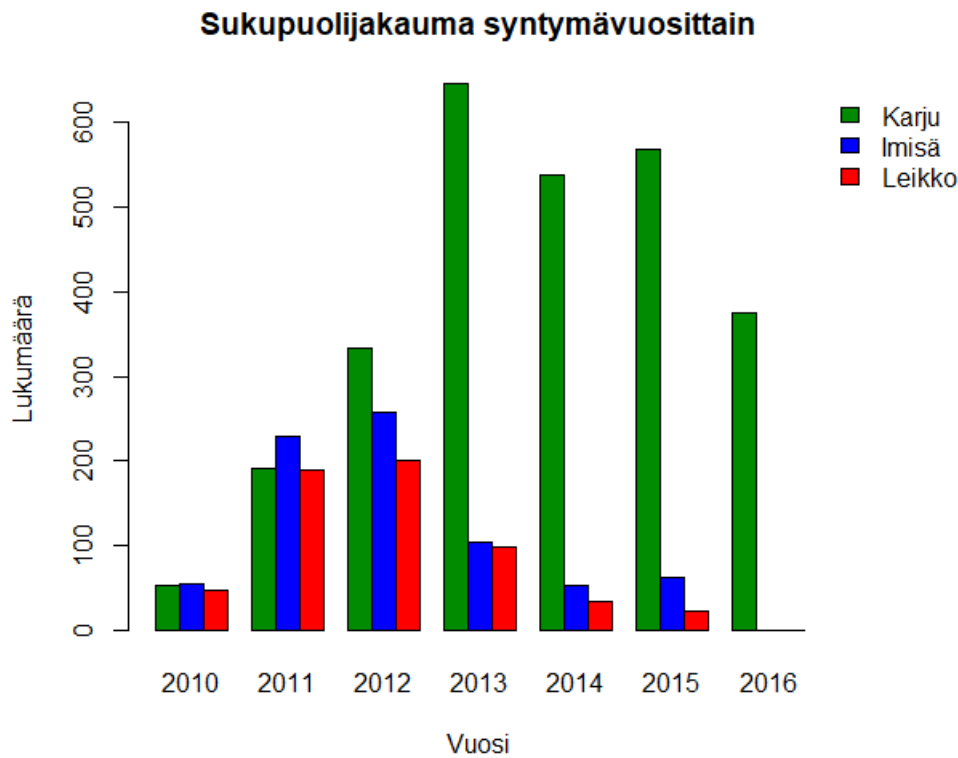
4.4 Ominaisuuksiin vaikuttavat systemaattiset tekijät sekä niiden luokittelu

Ominaisuuksia ja niiden välisiä yhteyksiä tutkitaan eläinmallilla, jossa kiinteinä tekijöinä olivat sukupuoli ja karja-vuosi-vuodenaika. Satunnaisina tekijöinä olivat pahnue, erä-karsina ja eläin. Jako kiinteisiin ja satunnaisiin tekijöihin tehtiin luokkien lukumäärän ja luokkakoon perusteella. Kiinteillä tekijöillä, sukupuolella ja karja-vuosi-vuodenajalla luokkien lukumäärä on pienempi ja luokkakoon keskiarvo suurempi kuin satunnaisilla tekijöillä (Taulukko 2).

Taulukko 2. Selittävien muuttujien jakautuminen eri kokoihin luokkiin

Selittävä tekijä	Luokkien lukumäärä	Pienin luokkakoko	Suurin luokkakoko	Luokkakoon keskiarvo	Havaintojen lukumäärä
Kiinteät tekijät					
Sukupuoli	3	594	2703	1353	4059
Karja-vuosi-vuodenaika	228	3	103	17,8	4059
Satunnaiset tekijät					
Pahnue	1461	1	9	2,8	4059
Erä-karsina	866	1	12	4,7	4059
Eläin	4059	1	1	1,0	4059

Sukupuolijakauma on esitetty tarkemmin kuvassa 4, sillä tuloksissa laskettiin sukupuolten ratkaisut. Karjuja on sukupuolista eniten 2703 eläintä, imisiä on toiseksi eniten 762 eläintä ja leikkoja vähiten 594 eläintä. Vuodesta 2013 alkaen suurin osa koeporsaista on ollut karjuja (Kuva 4). Ruokintakokeessa ei ollut yhtään vuonna 2016 syntynyttä imisiä tai leikkoa.



Kuva 4. Sukupuolijakauma syntymävuosittain.

4.5 Sukupuuaineiston koko ja rakenne

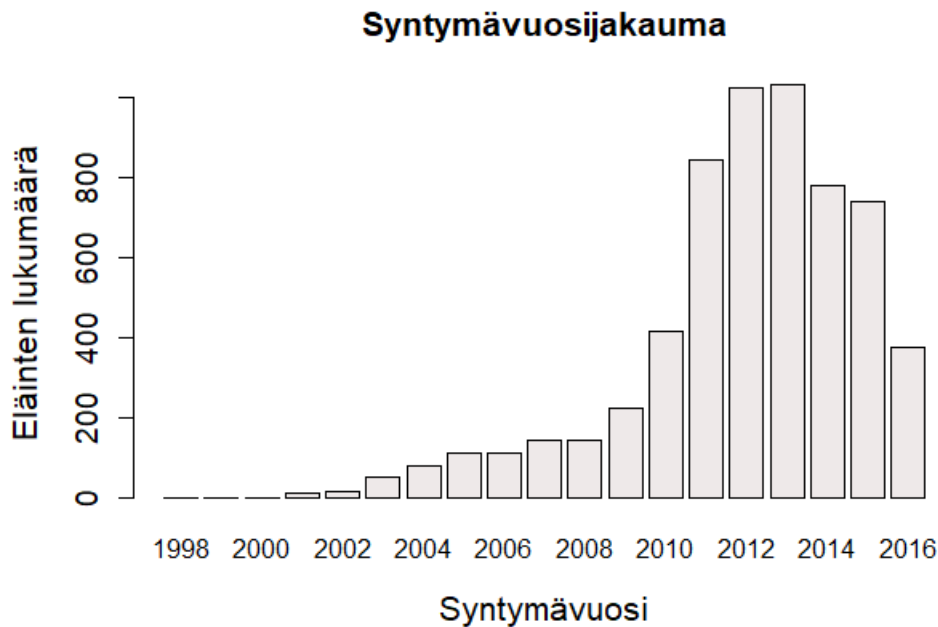
Sukupuuaineisto sisälsi kaikki eläimet, joilla oli havainto, sekä näiden esivanhemmat neljänteen sukupolveen asti. Tällöin varianssikomponenttien estimoinnissa käytetty sukupuu sisälsi 6103 eläintä. Tutkimusaineiston eläimillä oli 228 eri isää ja 1060 eri emää sukupuussa. Keskimäärin yhdellä tutkimusaineiston eläimen isällä oli 17,8 jälkeläistä ja enintään 148 jälkeläistä (Taulukko 3). Keskimäärin yhdellä tutkimusaineiston eläimen emällä oli 3,8 jälkeläistä ja enintään 23 jälkeläistä (Taulukko 3).

Taulukko 3. Isien ja emien jälkeläismäärät havaintoaineiston yksilöille.

	ka	min	max
Isän jälkeläismäärä	17,8	1	148
Emän jälkeläismäärä	3,8	1	23

ka = keskiarvo, min = pienin lukumäärä, max = suurin lukumäärä

Vanhimmat sukupuussa olevat eläimet ovat syntyneet vuonna 1998 ja nuorimmat vuonna 2016. Kokeessa mukana olleet eläimet ovat syntyneet vuosina 2010-2016 (Kuva 5).



Kuva 5. Sukupuuaineiston syntymävuosijakauma. Mukana havaintoaineisto ja 4 sukupolven syvyinen sukupuuaineisto.

4.6 Tilastolliset menetelmät

Aineistot yhdistettiin ja jaksokohtaiset havainnot tehtiin Linux-käyttöjärjestelmän komennoilla (mm. awk). RStudio-ohjelmalla (© 2018 RStudio, versio 1.1.463) jatkettiin aineistojen yhdistämistä, laskettiin tilastollisia tunnuslukuja, piirrettiin kuvioita, poistettiin poikkeavia havaintoja ja muodostettiin aineistot, joita tarvittiin perinnöllisten tunnuslukujen laskennassa. Sukupuun rajattiin RelaX2 -ohjelmalla (versio 1.77, Stranden ja Vuori 2006). Varianssikomponentit estimoitettiin REML-menetelmällä (Patterson ja

Thompson 1971) DMU -ohjelmalla (versio 5.2. Madsen ja Do 2013). Excel-ohjelmalla laskettiin periytymisasteiden keskivirheet (Taylorin approksimaatio). Fenotyyppiset varianssikomponentit laskettiin R-studio-ohjelmalla varianssi- ja kovarianssiparametreista.

Periytymisasteiden arvioinnissa käytettiin yhden ominaisuuden –mallia. Käytetty lineaarinen malli oli kaikille ominaisuuksille sama:

$$y = \mu + \text{sex}_i + \text{hys}_j + l_k + \text{bp}_l + a_m + e_{ijklm},$$

missä μ on keskiarvo, sex_i on sukupuoli, hys_j on karja-vuosi-vuodenaika, l_k on pahnue, bp_l on erä-karsina, a_m eläimen jalostusarvo ja e_{ijklm} on jäännöstekijä. Sukupuoli ja karja-vuosi-vuodenaika olivat kiinteitä tekijöitä ja pahnue, erä-karsina sekä eläin satunnaisia tekijöitä.

Geneettiset korrelaatiot estimoitiin kahden ominaisuuden –mallilla:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z}_l \mathbf{l} + \mathbf{Z}_{bp} \mathbf{bp} + \mathbf{Z}_a \mathbf{a} + \mathbf{e},$$

missä:

\mathbf{y} = ominaisuuden havaintovektori (syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuudet)

\mathbf{b} = kiinteiden tekijöiden vektori (sukupuoli ja karja-vuosi-vuodenaika)

\mathbf{X} = havainnot ja niitä selittävien kiinteiden tekijöiden liitantomatriisi

\mathbf{l} = satunnaisten pahnuevaikutuksen vektori

\mathbf{Z}_l = pahnuevaikutuksia vastaava kerroinmatriisi

\mathbf{bp} = satunnaisten erä-karsina -vaikutuksen vektori

\mathbf{Z}_{bp} = erä-karsina –vaikutuksia vastaava kerroinmatriisi

\mathbf{a} = additiivisten geneettisten vaikutusten vektori (jalostusarvo)

\mathbf{Z}_a = jalostusarvoja vastaava kerroinmatriisi

\mathbf{e} = satunnaisten jäännöstekijän vektori

Jalostusarvojen kovarianssimatriisi kahden ominaisuuden mallissa oli $\mathbf{A} \otimes \mathbf{G}$, jossa \mathbf{A} on numeerinen sukulaisuusmatriisi, \mathbf{G} on ominaisuuksien geneettinen kovarianssimatriisi ja \otimes -merkki tarkoittaa Kroneckerin matriisituloa. Pahnueen, erä-karsinan ja

residuaalivaikutuksen kovarianssimatriisit olivat: $\mathbf{I} \otimes \mathbf{B}$, $\mathbf{I} \otimes \mathbf{C}$ ja $\mathbf{I} \otimes \mathbf{R}$. \mathbf{I} on identiteettimatriisi, \mathbf{B} on pahnue tekijän kovarianssimatriisi, \mathbf{C} on erä-karsina -tekijän kovarianssimatriisi ja \mathbf{R} on residuaalitekijän kovarianssimatriisi.

Periytymisasteet laskettiin kaavalla:

$$h^2 = \sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_1^2 + \sigma_{bp}^2 + \sigma_e^2),$$

jossa:

σ_a^2 = additiivinen geneettinen varianssi

σ_1^2 = pahnuevarianssi

σ_{bp}^2 = erä-karsina -varianssi

σ_e^2 = jäännösvarianssi.

5 TULOKSET

Tämän tutkimuksen tärkeimmät tulokset olivat syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien periytymisasteet, syöntikäyttäytymisominaisuuksien geneettiset korrelaatiot sekä syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot.

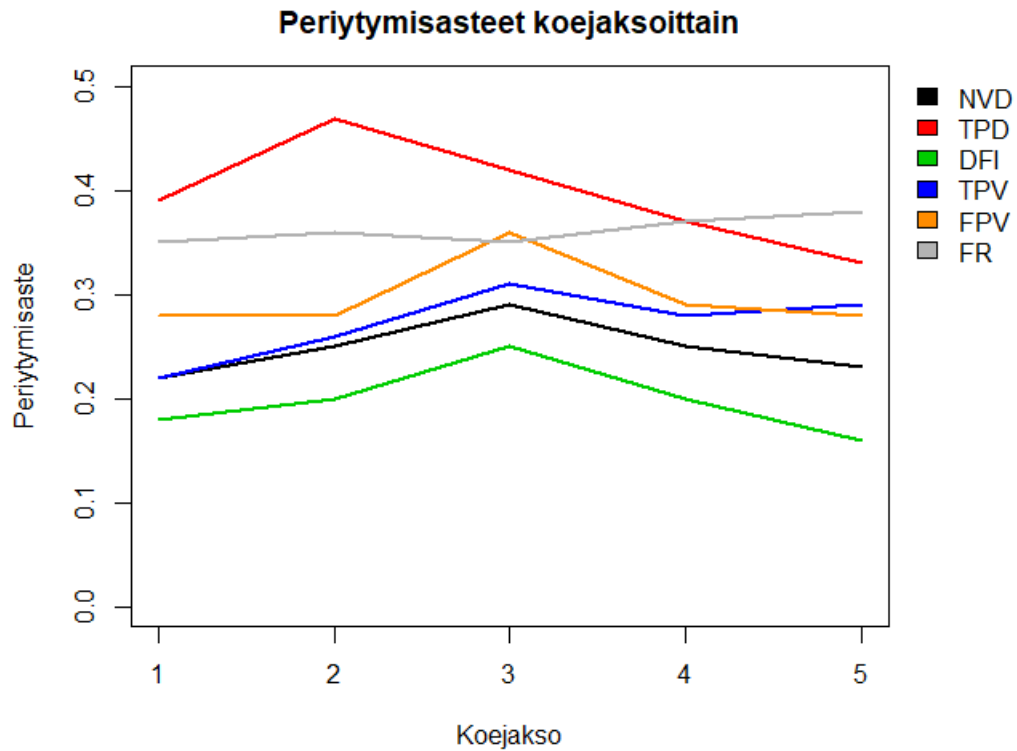
5.1 Periytymisasteet

Syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien periytymisasteet olivat suurimmaksi osaksi keskimääräisiä. Päivittäisen syötiin käytetyn ajan periytymisaste oli osalla koejaksoista korkea ($>0,40$, Taulukko 4). Päivittäisten syöntikertojen lukumäärän periytymisaste vaihteli $0,22$ - $0,29$ välillä ja päivittäisen syöntiajan periytymisaste välillä $0,33$ - $0,47$. Päivittäisen rehunkulutuksen periytymisaste oli tutkittujen ominaisuuksien periytymisasteista matalin ($0,16$ - $0,25$). Yhden syöntikerran keston periytymisaste vaihteli välillä $0,22$ - $0,31$, yhden syöntikerran rehunkulutuksen välillä $0,28$ - $0,36$ ja syöntinopeuden periytymisaste välillä $0,35$ - $0,38$. Tuotanto-ominaisuuksien periytymisasteet olivat kohtalaisia: päiväkasvun periytymisaste oli $0,27$, selkäsilavan paksuuden $0,22$ ja rehunmuuntokertoimen $0,24$ (Taulukko 4). Useimpien syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteet olivat korkeimmat kolmannella jaksolla (Taulukko 4, Kuva 6). Suurimmassa osassa ominaisuuksista pahnuevarianssi oli varianssikomponenteista pienin (Taulukko 4).

Taulukko 4. Syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien periytymisasteet ja varianssikomponentit.

Ominaisuus	h^2	SE (h^2)	σ_a^2	σ_l^2	σ_{bp}^2	σ_e^2
Jakso 1						
NVD1	0,22	0,05	11,0	3,57	11,7	23,7
TPD1	0,39	0,06	51,5	18,5	4,3	59,3
DFI1	0,18	0,05	9465	9249	9824	25536
TPV1	0,22	0,05	0,20	0,07	0,16	0,48
FPV1	0,28	0,05	200	66,7	124	330
FR1	0,35	0,06	10,1	4,38	3,34	10,9
Jakso 2						
NVD2	0,25	0,05	11,8	2,04	8,44	24,0
TPD2	0,47	0,06	74,6	18,3	5,84	61,4
DFI2	0,20	0,05	15477	12240	10726	40009
TPV2	0,26	0,05	0,30	0,03	0,21	0,60
FPV2	0,28	0,05	379	103	212	649
FR2	0,36	0,06	16,9	6,20	4,19	20,0
Jakso 3						
NVD3	0,29	0,05	13,6	3,55	7,86	22,2
TPD3	0,42	0,06	58,2	14,3	4,36	61,6
DFI3	0,25	0,05	26939	11682	14511	53383
TPV3	0,31	0,06	0,34	0,06	0,17	0,54
FPV3	0,36	0,06	735	141	290	895
FR3	0,35	0,06	24,3	8,28	5,44	31,9
Jakso 4						
NVD4	0,25	0,05	11,7	4,88	6,36	23,6
TPD4	0,37	0,06	44,4	12,4	4,22	59,2
DFI4	0,20	0,05	28234	14921	16804	79515
TPV4	0,28	0,05	0,26	0,08	0,12	0,45
FPV4	0,29	0,05	720	211	351	1170
FR4	0,37	0,06	34,2	9,66	6,97	42,2
Jakso 5						
NVD5	0,23	0,05	12,7	3,73	7,45	31,3
TPD5	0,33	0,06	44,2	15,4	9,92	64,5
DFI5	0,16	0,05	34877	19800	28406	136546
TPV5	0,29	0,05	0,26	0,074	0,11	0,43
FPV5	0,28	0,05	844	222	468	1527
FR5	0,38	0,06	43,4	10,7	7,33	52,7
Tuotanto-ominaisuudet						
ADG	0,27	0,06	2540	1097	826	4875
BF	0,22	0,05	0,92	0,55	0,32	2,32
FCR	0,24	0,05	0,008	0,004	0,005	0,02

h^2 = periytymisaste, SE (h^2) = periytymisasteen keskivirhe, σ_a^2 = additiivinen geneettinen varianssi, σ_l^2 = pahnuevarienssi, σ_{bp}^2 = erä-karsina -varienssi, σ_e^2 = residuaalivarienssi, NVD = syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl), TPD = syöntiaika päivässä (min), DFI = rehunkulutus päivässä (g), TPV = yhden syöntikerran kesto (min), FPV = yhden syöntikerran rehunkulutus (g), FR = syöntinopeus (g/min), ADG = päiväkasvu (g), BF = selkäsilavan paksuus (mm), FCR = rehunmuuntokerroin (kg/kg)



Kuva 6. Periytymisasteet koejaksoittain.

5.2 Korrelaatiot

Saman jakson sisällä estimoidut syöntikäyttäytymisominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat samaa suuruusluokkaa eri koejaksoilla. Korkeimmat positiiviset geneettiset korrelaatiot saatiin yhden syöntikerran keston ja yhden syöntikerran rehunkulutuksen (0,70-0,81), yhden syöntikerran rehunkulutuksen ja syöntinopeuden (0,35-0,60) sekä päivittäisten syöntikertojen lukumäärän ja päivittäisen syöntiin käytetyn ajan (0,28-0,58) väleillä (Taulukko 5). Korkeimmat negatiiviset korrelaatiot olivat seuraavien ominaisuusparien välillä: syöntikertojen lukumäärä päivässä ja yhden syöntikerran rehunkulutus (-0,93 – -0,96), syöntiaika päivässä ja syöntinopeus (-0,87 – -0,91) sekä syöntikertojen lukumäärä päivässä ja yhden syöntikerran kesto (-0,65 – -0,76) (Taulukko 5). Seuraavien ominaisuusparien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota millään koejaksolla: syöntikertojen lukumäärä päivässä ja rehunkulutus päivässä, syöntiaika päivässä ja rehunkulutus päivässä sekä rehunkulutus päivässä ja yhden syöntikerran kesto.

Taulukko 5. Syöntikäyttäytymisominaisuuksien korrelaatiot saman jakson sisällä. Geneettiset korrelaatiot on esitetty diagonaalin yläpuolella ja fenotyyppiset korrelaatiot diagonaalin alapuolella. Keskivirheet on esitetty suluissa.

Jakso 1						
Ominaisuus	NVD1	TPD1	DFI1	TPV1	FPV1	FR1
NVD1		0,58 (0,11)	0,06 (0,18)	-0,65 (0,09)	-0,93 (0,03)	-0,54 (0,12)
TPD1	0,27		0,08 (0,16)	0,28 (0,14)	-0,40 (0,13)	-0,88 (0,04)
DFI1	-0,002	0,22		0,05 (0,19)	0,36 (0,15)	0,40 (0,14)
TPV1	-0,73	0,31	0,11		0,70 (0,08)	-0,17 (0,14)
FPV1	-0,78	-0,17	0,42	0,76		0,60 (0,09)
FR1	-0,23	-0,69	0,51	-0,18	0,46	
Jakso 2						
	NVD2	TPD2	DFI2	TPV2	FPV2	FR2
NVD2		0,50 (0,11)	0,02 (0,17)	-0,66 (0,08)	-0,96 (0,02)	-0,50 (0,11)
TPD2	0,27		0,23 (0,15)	0,36 (0,12)	-0,31 (0,12)	-0,91 (0,03)
DFI2	0,01	0,21		0,23 (0,16)	0,36 (0,14)	0,20 (0,15)
TPV2	-0,73	0,35	0,11		0,72 (0,07)	-0,23 (0,13)
FPV2	-0,82	-0,16	0,38	0,77		0,51 (0,10)
FR2	-0,24	-0,75	0,44	-0,24	0,39	
Jakso 3						
	NVD3	TPD3	DFI3	TPV3	FPV3	FR3
NVD3		0,41 (0,11)	-0,01 (0,15)	-0,75 (0,06)	-0,96 (0,19)	-0,47 (0,11)
TPD3	0,26		0,21 (0,14)	0,31 (0,12)	-0,26 (0,12)	-0,89 (0,04)
DFI3	0,01	0,23		0,24 (0,14)	0,35 (0,13)	0,25 (0,14)
TPV3	-0,75	0,33	0,11		0,81 (0,05)	-0,14 (0,13)
FPV3	-0,85	-0,16	0,34	0,80		0,49 (0,10)
FR3	-0,25	-0,76	0,40	-0,23	0,37	
Jakso 4						
	NVD4	TPD4	DFI4	TPV4	FPV4	FR4
NVD4		0,38 (0,12)	0,08 (0,17)	-0,75 (0,07)	-0,96 (0,02)	-0,36 (0,13)
TPD4	0,28		0,19 (0,14)	0,32 (0,12)	-0,28 (0,13)	-0,88 (0,04)
DFI4	0,06	0,31		0,10 (0,16)	0,27 (0,15)	0,28 (0,14)
TPV4	-0,75	0,31	0,09		0,75 (0,06)	-0,26 (0,13)
FPV4	-0,85	-0,14	0,30	0,81		0,44 (0,11)
FR4	-0,23	-0,74	0,36	-0,24	0,35	
Jakso 5						
	NVD5	TPD5	DFI5	TPV5	FPV5	FR5
NVD5		0,28 (0,14)	0,04 (0,18)	-0,76 (0,06)	-0,95 (0,03)	-0,22 (0,14)
TPD5	0,32		0,24 (0,15)	0,39 (0,12)	-0,19 (0,14)	-0,87 (0,04)
DFI5	0,15	0,47		0,12 (0,17)	0,27 (0,16)	0,25 (0,15)
TPV5	-0,73	0,28	0,11		0,77 (0,06)	-0,33 (0,12)
FPV5	-0,82	-0,12	0,26	0,82		0,35 (0,12)
FR5	-0,22	-0,69	0,26	-0,22	0,34	

Tilastollisesti merkitsevät ($p < 0,05$) geneettiset korrelaatiot lihavoitu.

NVD = syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl), TPD = syöntiaika päivässä (min), DFI = rehunkulutus päivässä (g), TPV = yhden syöntikerran kesto (min), FPV = yhden syöntikerran rehunkulutus (g), FR = syöntinopeus (g/min)

Syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien välillä tilastollisesti merkitsevät geneettiset korrelaatiot olivat harvinaisia. Tilastollisesti merkitsevä geneettinen korrelaatio oli vain päivittäisen rehunkulutuksen ja päiväkasvun välillä jokaisella koejaksoilla (0,70-0,92), päivittäisen rehunkulutuksen ja rehunmuuntokertoimen välillä koejaksoilla 3-5 (0,36-0,47), sekä yhden syöntikerran rehunkulutuksen ja rehunmuuntokertoimen välillä kolmannella koejaksolla (0,30) (Taulukko 6).

Taulukko 6. Tuotanto- ja syöntikäyttäytymisominaisuuksien väliset fenotyypiset (r_p) ja geneettiset (r_g) korrelaatiot

Ominaisuus	ADG		BF		FCR	
Jakso 1	r_p	r_g (SE)	r_p	r_g (SE)	r_p	r_g (SE)
NVD1	0,02	0,16 (0,16)	-0,07	-0,04 (0,17)	-0,02	-0,17 (0,16)
TPD1	0,10	0,19 (0,14)	0,01	-0,14 (0,15)	-0,02	-0,10 (0,14)
DFI1	0,46	0,70 (0,11)	0,31	-0,09 (0,20)	0,23	0,21 (0,18)
TPV1	0,06	0,10 (0,16)	0,06	-0,06 (0,17)	0,02	0,15 (0,16)
FPV1	0,20	0,21 (0,15)	0,20	0,05 (0,16)	0,13	0,24 (0,15)
FR1	0,24	0,17 (0,14)	0,22	0,17 (0,15)	0,17	0,19 (0,14)
Jakso 2						
NVD2	-0,03	0,12 (0,15)	-0,08	-0,21 (0,16)	0,02	-0,22 (0,15)
TPD2	0,09	0,26 (0,13)	0,01	-0,13 (0,15)	0,04	-0,05 (0,14)
DFI2	0,59	0,91 (0,05)	0,42	0,13 (0,19)	0,23	0,24 (0,17)
TPV2	0,07	0,06 (0,15)	0,07	0,03 (0,16)	0,02	0,24 (0,15)
FPV2	0,25	0,21 (0,14)	0,23	0,17 (0,16)	0,09	0,28 (0,14)
FR2	0,29	0,20 (0,14)	0,26	0,20 (0,15)	0,11	0,16 (0,14)
Jakso 3						
NVD3	-0,06	0,07 (0,15)	-0,08	-0,18 (0,16)	0,05	-0,21 (0,15)
TPD3	0,09	0,22 (0,13)	0,03	-0,09 (0,15)	0,07	0,01 (0,14)
DFI3	0,69	0,92 (0,04)	0,51	0,20 (0,16)	0,21	0,36 (0,15)
TPV3	0,10	0,12 (0,15)	0,08	0,13 (0,16)	0,00	0,24 (0,15)
FPV3	0,29	0,25 (0,13)	0,25	0,21 (0,14)	0,04	0,30 (0,13)
FR3	0,34	0,23 (0,14)	0,29	0,20 (0,15)	0,08	0,19 (0,14)
Jakso 4						
NVD4	-0,06	0,11 (0,16)	-0,09	-0,16 (0,16)	0,06	-0,17 (0,15)
TPD4	0,00	0,20 (0,14)	0,06	-0,10 (0,15)	0,06	0,01 (0,14)
DFI4	0,73	0,80 (0,06)	0,55	0,09 (0,18)	0,17	0,47 (0,16)
TPV4	0,11	0,05 (0,15)	0,09	0,05 (0,16)	-0,01	0,18 (0,15)
FPV4	0,31	0,18 (0,14)	0,26	0,18 (0,15)	0,01	0,27 (0,14)
FR4	0,35	0,18 (0,14)	0,29	0,21 (0,15)	0,05	0,23 (0,14)
Jakso 5						
NVD5	-0,08	0,03 (0,16)	-0,08	-0,04 (0,17)	0,06	0,08 (0,16)
TPD5	0,14	0,14 (0,14)	0,07	-0,02 (0,16)	0,04	0,04 (0,15)
DFI5	0,64	0,70 (0,10)	0,48	0,31 (0,17)	0,09	0,41 (0,17)
TPV5	0,14	0,09 (0,15)	0,10	0,02 (0,16)	-0,05	0,05 (0,16)
FPV5	0,33	0,25 (0,14)	0,25	0,16 (0,16)	-0,04	0,13 (0,15)
FR5	0,34	0,22 (0,13)	0,29	0,23 (0,14)	0,03	0,19 (0,14)
ADG			0,47	0,04 (0,17)	-0,29	-0,13 (0,16)
BF					0,14	0,12 (0,17)

r_p = fenotyypinen korrelaatio, r_g = geneettinen korrelaatio, SE = keskivirhe. Geneettisen korrelaation keskivirhe suluissa. Tilastollisesti merkitsevät ($p < 0,05$) geneettiset korrelaatiot lihavoitu. ADG = päiväkasvu (g), BF = selkäsilavan paksuus (mm), FCR = rehunmuuntokerroin (kg/kg), NVD = syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl), TPD = syöntiaika päivässä (min), DFI = rehunkulutus päivässä (g), TPV = yhden syöntikerran kesto (min), FPV = yhden syöntikerran rehunkulutus (g), FR = syöntinopeus (g/min)

5.3 Sukupuolen vaikutus ominaisuuksiin

Karjuja ja imisiä verrattiin leikkoihin jokaisessa syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuudessa (Taulukko 7). Karjut ja imisät käyttivät vähemmän aikaa päivässä syömiseen, söivät päivässä vähemmän, viipyivät yhdellä syöntikerralla lyhyemmän aikaa automaattilla ja söivät vähemmän yhdellä syöntikerralla verrattuna leikkoihin jokaisella koejaksolla (Taulukko 7). Kahdella viimeisellä koejaksolla imisillä oli vähemmän syöntikertoja päivässä kuin leikoilla ja neljännellä koejaksolla myös karjuilla oli leikkoja vähemmän syöntikertoja päivässä. Karjujen ja imisien syöntikäyttäytyminen oli toisiinsa verrattuna samankaltaisempaa kuin leikkojen syöntikäyttäytyminen karjuihin tai imisiin verrattuna. Kuitenkin kokeen lopussa (koejaksot 4 ja 5) karjut söivät imisiä vähemmän päivässä (Taulukko 7).

Sekä karjut että imisät kasvoivat hitaammin, olivat selkäsilavan paksuudeltaan ohuempia ja rehunmuuntokertoimelta parempia leikkoihin verrattuna (Taulukko 7). Imisät olivat sukupuolista hidaskasvuisimpia ja niillä oli ohuin selkäsilava. Rehunmuuntokerroin oli karjuilla paras (Taulukko 7).

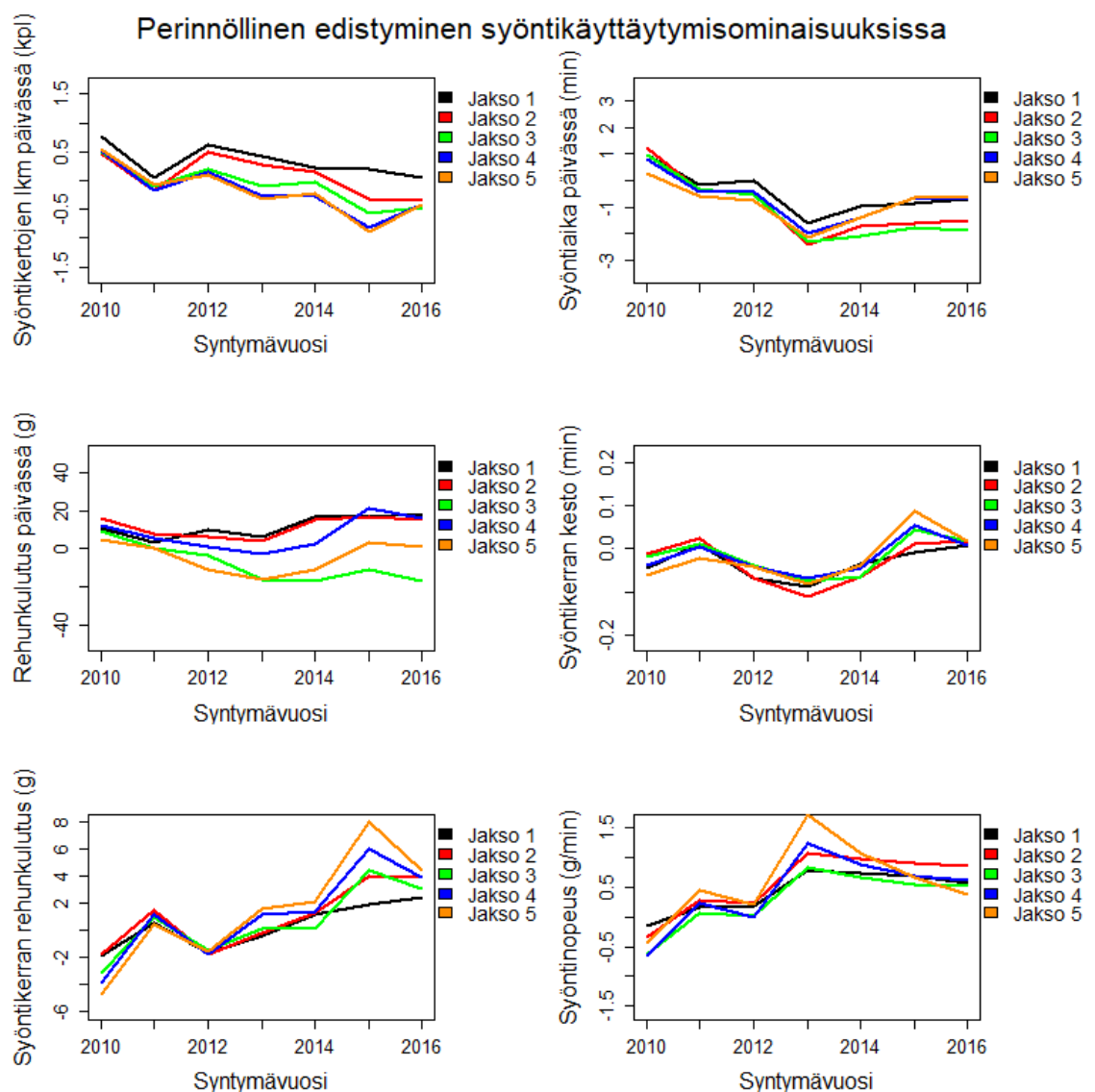
Taulukko 7. Sukupuolen ratkaisut leikkoihin verrattuna

Ominaisuus	Yleiskeskisarvo (SE)	sukupuolten ratkaisut (SE)	
Jakso 1		karju	imisä
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	20,8 (2,0)	0,08 (0,45)	-0,08 (0,43)
Syöntiaika päivässä (min)	65,1 (3,5)	-4,37 (0,68)	-5,50 (0,64)
Rehunkulutus päivässä (g)	1770 (68,3)	-163,8 (14,8)	-161,1 (13,9)
Yhden syöntikerran kesto (min)	3,70 (0,27)	-0,24 (0,06)	-0,29 (0,06)
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	99,8 (7,9)	-8,91 (1,7)	-8,89 (1,62)
Syöntinopeus (g/min)	29,0 (1,7)	-0,61 (0,33)	-0,30 (0,31)
Jakso 2			
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	21,4 (1,9)	0,11 (0,43)	-0,40 (0,42)
Syöntiaika päivässä (min)	74,2 (3,9)	-8,38 (0,74)	-9,54 (0,70)
Rehunkulutus päivässä (g)	2601 (82,0)	-320,6 (17,8)	-322,1 (16,8)
Yhden syöntikerran kesto (min)	3,90 (0,30)	-0,44 (0,07)	-0,44 (0,07)
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	141,7 (10,7)	-16,0 (2,3)	-14,8 (2,2)
Syöntinopeus (g/min)	38,4 (2,1)	-0,50 (0,42)	-0,13 (0,40)
Jakso 3			
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	21,8 (2,0)	-0,28 (0,44)	-0,79 (0,42)
Syöntiaika päivässä (min)	75,4 (3,5)	-11,3 (0,69)	-11,1 (0,66)
Rehunkulutus päivässä (g)	3333 (95,8)	-490,8 (20,6)	-458,8 (19,6)
Yhden syöntikerran kesto (min)	3,86 (0,31)	-0,52 (0,07)	-0,49 (0,06)
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	183,6 (13,6)	-22,7 (2,8)	-19,4 (2,7)
Syöntinopeus (g/min)	48,8 (2,5)	-0,18 (0,51)	0,16 (0,48)
Jakso 4			
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	22,4 (2,0)	-0,88 (0,43)	-0,85 (0,41)
Syöntiaika päivässä (min)	71,1 (3,2)	-11,4 (0,65)	-9,58 (0,62)
Rehunkulutus päivässä (g)	3578 (107)	-542,9 (23,7)	-457,4 (22,7)
Yhden syöntikerran kesto (min)	3,73 (0,28)	-0,44 (0,06)	-0,35 (0,06)
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	198,8 (14,6)	-21,1 (3,1)	-15,4 (3,0)
Syöntinopeus (g/min)	55,0 (2,9)	0,58 (0,59)	0,39 (0,56)
Jakso 5			
Syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl)	21,4 (2,1)	-0,65 (0,47)	-1,26 (0,45)
Syöntiaika päivässä (min)	63,8 (3,4)	-9,49 (0,71)	-7,20 (0,67)
Rehunkulutus päivässä (g)	3383 (130)	-489 (30,0)	-394,7 (28,9)
Yhden syöntikerran kesto (min)	3,40 (0,28)	-0,40 (0,06)	-0,20 (0,06)
Yhden syöntikerran rehunkulutus (g)	187,0 (16,1)	-20,7 (3,5)	-10,8 (3,4)
Syöntinopeus (g/min)	57,3 (3,2)	0,78 (0,65)	-0,06 (0,61)
Tuotanto-ominaisuudet			
Päiväkasvu (g)	974,1 (28,3)	-29,8 (6,0)	-66,0 (5,7)
Selkäsilavan paksuus (mm)	14,8 (0,61)	-2,51 (0,13)	-3,09 (0,12)
Rehunmuuntokerroin (kg/kg)	2,93 (0,05)	-0,28 (0,01)	-0,19 (0,01)

Sukupuolten ratkaisut verrattuna toisiinsa alkuperäisyksiköissä, SE = keskivirhe, keskivirhe suluissa yleiskeskisarvon ja sukupuolen ratkaisun perässä

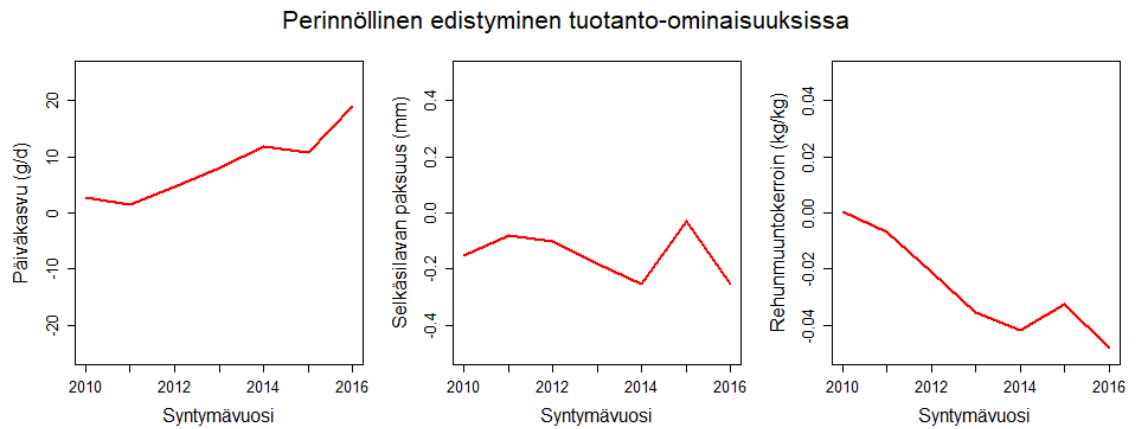
5.4 Perinnöllinen edistyminen

Syöntikäyttäytymisominaisuuksien perinnöllistä edistymistä ominaisuuksittain kullakin koejaksolla on esitetty kuvassa 7. Kuvissa Y-akselin arvot vastaavat noin yhtä geneettisen hajonnan yksikköä. Selkeää muutosta vuosien 2010 ja 2016 aina tapahtui vain yksittäisen syöntikerran rehunkulutuksessa, joka on kasvanut noin 10 g, mikä vastaa noin 0,7 geneettisen hajonnan yksikköä vuosien 2010 ja 2015 aikana (Kuva 7). Eri koejaksojen välillä ei ole juurikaan eroa perinnöllisissä muutoksissa (Kuva 7).



Kuva 7. Perinnöllinen edistyminen syöntikäyttäytymisominaisuuksissa koejaksoittain.

Tuotanto-ominaisuuksissa päiväkasvu suureni noin 20 grammaa vuosien 2010 ja 2016 välisenä aikana (Kuva 8). Selkäsilavan paksuudessa ei tapahtunut muutoksia, mutta rehunmuuntokerroin parani 0,04 kg/kg vuosien 2010 ja 2016 välillä (Kuva 8).



Kuva 8. Perinnöllinen edistyminen tuotanto-ominaisuuksissa.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä tutkimuksessa syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien periytymisasteet olivat suurimmaksi osaksi keskimääräisiä ja muihin vertailututkimuksiin nähden matalahkoja (Taulukko 9). Geneettiset korrelaatiot syöntikäyttäytymisominaisuuksien välillä olivat samansuuntaisia vertailututkimusten kanssa (Taulukko 10), mutta syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien välisiä geneettiset korrelaatiot olivat alhaisempia kuin muissa vertailututkimuksissa (Taulukko 11). Ainoastaan päivittäisen rehunkulutuksen ja päiväkasvun välillä oli selkeä geneettinen korrelaatio. Sukupuolella oli vaikutusta useaan syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuteen.

Tutkimuksemme aineistokoko, hieman yli 4000 eläintä, ja sukupuun syvyys 4 sukupolvea olivat riittäviä geneettiseen analyysiin, mutta laajemmalla aineistolla olisi kiinnostavaa tutkia samaa aihetta uudelleen. Längelmäen testiasemalla on kerätty syöntikäyttäytymistietoa vuodesta 2006 asti ja tässä tutkimuksessa oli eläimiä, jotka olivat saapuneet asemalle vuosina 2010-2016. Aineiston esikäsittely tehtiin johdonmukaisesti, mm. poikkeavien havaintojen poisto, mutta jatkotutkimuksissa voisi tehdä vielä alkuperäisen raakadatan virhehavaintojen poiston mukaillen Caseyn ym. (2005) kriteerejä, tosin Kavlak ja Uimari (2019) saman aineiston tulosten mukaan vain 0,5% yksittäisistä havainnoista oli virheellisiä, kun aineistoon sovellettiin Caseyn ym. (2005) kriteerejä. Jatkotutkimuksena voisi tutkia myös, miten erilaiset mallit ja mallin kiinteät ja satunnaiset tekijät vaikuttaisivat periytymisasteisiin ja geneettisiin korrelaatioihin.

Tässä tutkimuksessa koeaika on jaksotettu viiteen osaan. Alun perin tavoitteena oli tehdä jaksotus ruokinnan muutosten perusteella, mutta sitä ei voitu tehdä, sillä ruokinnan muutosten jaksotus ja ajoitus ovat vaihdelleet aineiston keräysaikana. Aineiston keräyksen aikana ruokintakäyrä on ollut sekä neli- että viisivaiheinen ja erilaisia ruokintakäyrävariaatioita on yhteensä kuusi. Ruokinta koostui kahdesta täysrehusta, joiden suhteita muutetaan ruokintakäyrän muutosvaiheissa. Aineiston jaksotus myötäilee ruokintakäyrän rehuvaihdoksia. Jaksotus oli sikäli onnistunut, että fenotyyppisten ominaisuuksien muutokset näkyvät koeajan suhteen.

Syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteita on määritetty sekä perinteisin menetelmin että genomisesti (Rohrer ym. 2013). Perinteisin menetelmin määritetyt periytymisasteet ovat olleet genomisia korkeampia (Rohrer ym. 2013). Tämän taustalla on todennäköisesti pieni genominen referenssipopulaatio. Fenotyyppitutkimuksia ja genomisia tutkimuksia sian syöntikäyttäytymisestä on tehty pienemmillä otoksilla kuin perinteisiä periytymisastetutkimuksia (Taulukko 8 ja Taulukko 9). Perinteisissä periytymistutkimuksissa havaintoja on yleensä vähintään 3000 eläimeltä, kun genomisen tutkimuksen aineistokoko on yleensä alle 1000 eläintä.

6.1 Fenotyyppiset ominaisuudet

Fenotyyppiset tulokset olivat samaa suuruusluokkaa vertailutulosten kanssa (Taulukko 8). Syöntikertojen lukumäärä päivässä oli keskivertoa suurempi, yhden syöntikerran kesto ja yhden syöntikerran rehunkulutus puolestaan olivat keskimääräistä pienemmät muihin tuloksiin verrattuna (Taulukko 8). Rodut poikkeavat toisistaan syöntikäyttäytymisominaisuuksissa. Längelmäen testiasemalla kasvatetaan sekä maatais- että yorkshiresikoja ja molempien rotujen syöntikäyttäytymisaineistoa kerätään. Tämän aineiston kanssa samaan aikaan kerättyä yorkshirerodun aineistoa on myös analysoitu. Maataiset syövät keskimäärin hieman enemmän päivässä kuin yorkshiret (Kavlak ja Uimari 2019). Yorkshireilla päivittäinen syöntikertojen lukumäärä on suurempi kuin maataisella ja se kasvaa yorkshirella läpi kokeen keskiarvon kasvaessa jopa 41 kertaan päivässä (Kavlak ja Uimari 2019). Maataisella syöntikertojen lukumäärä kokeen aikana on hyvin vakaa ja suurimmillaan 22 kertaa päivässä. Yhden syöntikerran kesto on pidempi ja rehunkulutus suurempi maataisella verrattuna yorkshireen. Yorkshire on maataista nopeampi syömään (Kavlak ja Uimari 2019). Päivittäinen kokonaissyöntiaika on maataisella ja yorkshirella likimain sama (Kavlak ja Uimari 2019).

Tutkitussa aineistossa suomalaisen maataisen syöntikertojen lukumäärä päivässä oli 22, joka vastaa Baumungin ym. (2006) maataisrodulla ja De Haerin ym. (1993b) maatais-yorkshire ryhmällä saamia tuloksia. Suomalaisen yorkshiren syöntikertojen lukumäärä 36

oli suurempi kuin maatiaisen syöntikertojen lukumäärä (Taulukko 8). Myös Do ym. (2013) tutkimuksessa yorkshiren syöntikertojen lukumäärä oli suurempi kuin maatiaisen. Syöntikertojen lukumäärään päivässä vaikuttavat mm. ruokinta-automaattityyppi (Nielsen ym. 1995) ja rotu (Do ym. 2013).

Useimpien tutkimusten mukaan sika käyttää syöntiin noin tunnin päivässä (Taulukko 8). Rodulla tai ruokinta-automaattityypillä ei näyttäisi olevan vaikutusta päivässä syöntiin käytettyyn aikaan (Taulukko 8). Do ym. (2013) tutkimuksessa päivittäinen syöntiaika oli kuitenkin korkeampi, jopa 1 h 20 min päivässä duroc -rodulla, vaikka koeasettelu oli tavanomainen. De Haerin ym. (1993a) tutkimuksessa verrattiin yksin ja ryhmässä olevien sikojen syöntikäyttäytymistä; yksin olleet siat käyttivät syöntiin paljon enemmän aikaa (84 min päivässä) kuin ryhmässä olleet siat (63 min päivässä). Päivittäinen syöntiaika oli tavanomaista tulosta korkeampi myös Rohrerin ym. (2013) tutkimuksessa, jossa monta sikaa pääsi yhtä aikaa ruokintapaikalle syömään.

Suomalaisen maatiaisen päivittäinen rehunkulutus (2,4 kg) oli saman suuruinen useissa muissa viimeisen 15 vuoden aikana raportoidussa tutkimuksessa (Taulukko 8). Vanhemmissa tutkimuksissa (De Haer ym. 1993a ja Labroue ym. 1997) maatiaisen päivittäinen rehunkulutus on ollut pienempää kuin uudemmissa tutkimuksissa. Todennäköisesti päivittäinen rehunkulutus on kasvanut, kun jalostusvalinnassa on pyritty kasvunopeuden parantamiseen. Päivittäinen rehunkulutus kasvoi koejaksolta toiselle siirryttäessä samansuuntaisesti kuin Shiralin ym. (2017), Rauw ym. (2006b), Chen ym. (2010a) ja Von Felde ym. (1996) tutkimuksissa.

Yhden syöntikerran kesto 3,2 minuuttia oli lyhyempi kuin useimmissa muissa tutkimuksissa. Vain De Haerin ym. (1993b), Kavlakín ja Uimarin (2019) sekä Do ym. (2013, yorkshire) tutkimuksissa yhden syöntikerran kesto oli alle 5 minuuttia tämän tutkimuksen tapaan. Automaattityyppi vaikuttaa päivittäisten syöntikertojen lukumäärän tavoin myös yhden syöntikerran keston. Myös aineiston rajaus voi vaikuttaa syöntikertojen lukumäärään päivässä ja yhden syöntikerran keston. Baumungin ym. (2006) tutkimuksessa poistettiin kaikki havainnot, joissa yhden syöntikerran

rehunkulutus oli alle 3 g. Tässä tutkielmassa myös vierailut, joiden rehunkulutus oli alle 3 g säilytettiin raaka-aineistossa.

Yhden syöntikerran rehunkulutus 127 g oli melko matala muihin tuloksiin verrattuna, mutta tulosten vaihteluväliin (75-679 g) sopiva (Taulukko 8). Puolessa tutkimuksista yhden syöntikerran rehunkulutus oli yli 300 g ja puolessa tutkimuksista sen alle. Yhden syöntikerran rehunkulutus on syöntinopeuden kautta kääntäen verrannollinen syöntikertojen lukumäärään päivässä, joten on luonnollista, että yhden syöntikerran rehunkulutus on matalahko, kun syöntikertojen lukumäärä on korkea ja syöntinopeus normaalilla tasolla. Maatiainen syö tulosten perusteella suurempia määriä kerralla kuin yorkshire ja ruokinta-automaattityyppi vaikuttaa yhden syöntikerran rehunkulutukseen.

Lähes kaikki syöntinopeuden tutkimustulokset ovat välillä 30-45 grammaa minuutissa, joten tulos 41,0 grammaa minuutissa on todella tyypillinen arvo tutkimustulosten joukossa (Taulukko 8). Vaihteluväli eri tutkimusten tuloksissa on kylläkin suuri 27-74 grammaa minuutissa, eli syöntinopeus voi olla jopa lähes 3-kertainen nopeimmin syöville sioilla verrattuna hitaimmin syöviin sikoihin (Taulukko 8). Poikkeava tutkimusasettelu vaikuttaa syöntinopeuteen, sillä yksilökasvatetuilla sioilla tehdyssä tutkimuksessa havaittiin kaikkein hitain syöntinopeus 27 grammaa minuutissa (Taulukko 8). Syöntinopeus kasvoi tässä tutkimuksessa ajan funktiona samaan tapaan kuin Von Felden ym. (1996), Kavlahan ja Uimarin (2019) sekä Shiralin ym. (2017) tutkimuksissa.

Useimmissa tutkimuksissa päiväkasvun keskiarvon on havaittu olevan noin 900 grammaa, joten tämän tutkimuksen tulos 919 g on normaali (Taulukko 8). Korkeimmat päiväkasvut olivat yli 1000 g ja matalimmat alle 800 g (Taulukko 8). Maatiainen ja yorkshire ovat kasvunopeudeltaan tulosten perusteella tasavahvoja ja pietrain on näitä rotuja hidaskasvuisempi (Taulukko 8). Jalostusvalinnalla on ollut vaikutusta kasvunopeuteen, sillä uudemmissa tutkimuksissa (Baumung ym. 2006, Do ym. 2013) maatiaisen kasvunopeus on suurempi kuin vanhemmissa tutkimuksissa (De Haer ym. 1993b) (Taulukko 8). Vanhimmissa tutkimuksista Von Felden ym. (1996) tutkimuksen korkeaan kasvunopeuteen (1025 g/d) on todennäköisesti vaikuttanut se, että siat ovat

olleet kokeen alussa melko suuria, noin 40 kg painoisia, verrattuna tavanomaiseen koeasetteluun. Kasvavan sian kasvunopeus kiihtyy iän funktiona.

Selkäsilavan paksuus 11 mm on likimain sama kuin Lu ym. (2017) ja Labrouen ym. (1997) raportoimat. Do ym. (2013) tutkimuksessa kaikkien rotujen maatiaisen, durocin ja yorkshiren selkäsilavan paksuudet olivat paljon pienemmät (7,3 – 8,5 mm) kuin tämän tutkimuksen selkäsilavan paksuudet (Taulukko 8). Suomalaisen yorkshiren selkäsilavan paksuus vaikuttaisi olevan ohuempi (10 mm, Kavlak ja Uimari 2019) kuin suomalaisen maatiaisen (11 mm). Rehunmuuntokertoimen tulos 2,6 on samaa likimain kuin Schulzen ym. (2001) ja Labrouen ym. (1997) raportoimat (Taulukko 8). Do ym. (2013) tulokset 2,3-2,4 rehunmuuntokertoimesta ovat tämän tutkimuksen tuloksia pienempiä.

Taulukko 8. Fenotyyppisten tulosten keskiarvojen vertailu.

Rotu	n	RJ	NVD, kpl	TPD, min	DFI, g	TPV, min	FPV, g	FR, g/min	ADG, g	BF, mm	FCR	Tutkimus
M	4059	SCHAUER	21,8	60,6	2382	3,2	127	41,0	919	11,3	2,6	Riihimäki 2019
Y	3243	SCHAUER	36,0	61,8	2270	2,1	74,8	38,6	925	9,9	2,5	Kavlak ja Uimari 2019
D	1008	FIRE	6,9	60,6	1960						2,3	Ding ym. 2018
D	11798	FIRE	5,8	61,9	2155	13,0	472	36,7	886	11,0	2,4	Lu ym. 2017
P	843		4,3	62,0	2733			45,4			2,3	Reyer ym. 2017
MG	3027	IVOG	17,7	58,8	2571			45,7				Shirali ym. 2017
D x E	747	ACEMA64	9,3	58,4	2164		293	39,0			3,6	Guo ym. 2015
D	7388	ACEMA64	11,1	81,1	2400	8,6	250	30,6	1030	7,3	2,3	Do ym. 2013
M	4773	ACEMA64	8,8	71,0	2380	9,4	310	34,8	1000	8,2	2,4	Do ym. 2013
Y	4751	ACEMA64	18,2	61,9	2150	4,4	150	36,7	930	8,5	2,3	Do ym. 2013
M-D-Y	1162	ryhmäruokinta	13,1	67,9		5,3						Rohrer ym. 2013
D	547	FIRE e		47,0	3431			74,0	959		3,6	Chen ym. 2010b
Y	618		31,0	65,2	2214			35,9	869		2,6	Baumung ym. 2006
M	486		21,0	67,9	2277			35,3	854		2,7	Baumung ym. 2006
P	489		18,6	58,9	1704			30,0	714		2,4	Baumung ym. 2006
	344	ACEMA c	5,6	57,6	2201	12,2	474	41,2	962	10,1	2,3	Schulze ym. 2001
	219	ACEMA d	7,2	64,2	2584	11,7	470	42,9	970	10,2	2,7	Schulze ym. 2001
Y	3710	ACEMA48	7,1	58,9	2186	9,7	340	39,9	911	11,3	2,5	Labroue ym. 1997
M		ACEMA48	5,9	59,1	2253	11,1	415	41,5	879	11,7	2,6	Labroue ym. 1997
M-Y	3188	ACEMA48	4,7- 6,4	47- 52	2000- 2800	11,2- 11,8	464- 679	41- 58	1025	11,7	2,3	Von Felde ym. 1996
M	62	IVOG a	16,2	62,5	1934	6,9	156	32,4	642	12,2	3,2	De Haer ym. 1993a
M	17	IVOG b	72,8	83,5	2075	4,0	34,9	26,9	742	13,8	3,0	De Haer ym. 1993a
M-Y	405	IVOG	18,0	56,9	1992	3,9	137	34,9	659	11,4		De Haer ym. 1993b

NVD = syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl), TPD = syöntiaika päivässä (min), DFI = rehunkulutus päivässä (g), TPV = yhden syöntikerran kesto (min), FPV = yhden syöntikerran rehunkulutus (g), FR = syöntinopeus (g/min), ADG = päiväkasvu (g), BF = selkäsilavan paksuus (mm), FCR = rehunmuuntokerroin (kg/kg), n= eläinten lukumäärä kokeessa, RJ = kokeessa käytetty ruokintajärjestelmä. ACEMA, FIRE, IVOG ja SCHAUER ovat erilaisia ruokinta-automaattimerkkejä. M = maatiainen, Y = yorkshire, D =duroc, P = pietrain, MG = MaxGro, D x E = durocin ja erhulian rodun risteytys, a = ryhmäkasvatettu eläinjoukko De Haer ym. 1993a tutkimuksesta, b = yksilökasvatettu eläinjoukko De Haer ym. 1993a tutkimuksesta, c = joka toisen viikon ruokinta-automaattillisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, d = koko koejakson ruokinta-automaattillisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, e = FCR laskettu rehunkulutuksen ja päiväkasvun suhteena.

6.2 Periytymisasteet

Monissa tutkimuksissa useimpien syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteiden ovat olleet jopa korkeita ($>0,40$, taulukko 9). Tässä tutkimuksessa syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteet olivat suurimmaksi osaksi keskimääräisiä (0,16-0,36) ja siten yleisesti vertailutuloksia matalampia. Tämän tutkimuksen korkeimmat periytymisasteet (0,33-0,47), päivittäinen syötiin käytetty aika ja syöntinopeus, olivat vertailutulosten joukossa keskimääräisiä periytymisasteita (Taulukko 9). Myös rehunmuuntokertoimen periytymisaste 0,24 oli vertailututkimusten kanssa samaa suuruusluokkaa (Taulukko 9).

Periytymisasteet olivat useimmissa ominaisuuksissa korkeimmillaan tutkimuksen keskivaiheilla (Jakso 3). Myös Von Felden ym. (1996) ja Kavlakin ja Uimarin (2019) jaksotetuissa tutkimuksissa korkeimmat periytymisasteet olivat kokeen keskivaiheilla, toisella tai kolmannella koejaksolla viidestä jaksosta. Kenties alkukokeen ajan siat sopeutuvat asemaolosuhteisiin, ryhmytyvät ja oppivat ruokinta-automaatin käytön. Kun siat tottuvat ja oppivat asemarutiineihin, pienenee ympäristöön liittyvä vaihtelu suhteessa perinnölliseen vaihteluun ja periytymisaste kasvaa.

Päivittäisten syöntikertojen lukumäärän, päivittäisen rehunkulutuksen, yhden syöntikerran keston ja yhden syöntikerran rehunkulutuksen periytymisasteet (0,16-0,36) olivat keskimääräisiä ja vertailutuloksiin nähden matalahkoja (Taulukko 9). Yhden syöntikerran kestossa ja yhden syöntikerran rehunkulutuksessa tässä tutkimuksessa saatiin vertailutuloksiin verrattuna kaikkein matalimmat periytymisasteet (0,22 ja 0,28, Taulukko 9). Nämä matalat tulokset saatiin koejaksolla 1. Koejaksolla 3 sen sijaan havaittiin samoissa ominaisuuksissa korkeammat periytymisasteet (0,31 ja 0,36).

Selkäsilavan paksuuden periytymisaste 0,22 oli poikkeuksellisen matala verrattuna muissa tutkimuksissa saatuihin tuloksiin (0,48 – 0,71, Taulukko 9). Selkäsilavan paksuuden periytymisaste oli matala myös Kavlakin ja Uimarin (2019) tulokseen 0,57 verrattuna. Kavlakin ja Uimarin tulokset on laskettu samalla mallilla kuin tämän

tutkielman tulokset ja niiden aineisto on kerätty yhtä aikaa tämän tutkielman aineiston kanssa Figen oy:n Längelmäen testiasemalta. Selitystä poikkeuksellisen matalaan periytymisasteeseen ei keksitty. Myös päiväkasvun periytymisaste 0,27 oli matalahko mutta vertailukelpoinen muihin tuloksiin (0,23-0,54) nähden (Taulukko 9).

Längelmäen testiasemalle saapuvilla sioilla on jonkin verran ikä- ja kokohajontaa saapuessaan. Kokeen alkupainon keskiarvo on 35,7 kg ja keskihajonta 6,7 kg, iän kokeen alussa keskiarvo oli 88,7 vuorokautta ja keskihajonta 9,6 vuorokautta. Tämä ikähajonta voi olla yksi selitys vertailutuloksiin nähden matalahkoihin periytymisasteisiin. Periytymisasteet olisi tärkeää tutkia eri eläimiltä saman ikäisinä.

Taulukko 9. Periytymisasteiden vertailu

Rotu	RJ	n	NVD	TPD	DFI	TPV	FPV	FR	ADG	BF	FCR	RFI	Tutkimus
M	SCHAUER	4059	0,22- 0,29	0,33- 0,47	0,16- 0,25	0,22- 0,31	0,28- 0,36	0,35- 0,38	0,27	0,22	0,24		Riihimäki 2019
Y	SCHAUER	3243	0,31- 0,40	0,28- 0,36	0,16- 0,31	0,33- 0,45	0,31- 0,43	0,26- 0,30	0,25	0,57	0,30	0,34	Kavlak ja Uimari 2019
D	FIRE	1008	0,38	0,37	0,28						0,32	0,31	Ding ym. 2018
D	FIRE e	11798	0,36- 0,68	0,50- 0,71	0,14- 0,19	0,51- 0,58	0,37- 0,49	0,19- 0,35	0,23- 0,35	0,53- 0,56		0,04-0,55	Lu ym. 2017
MG	IVOG	3027	0,18- 0,22	0,28- 0,37	0,15- 0,31			0,26- 0,31				0,07-0,24	Shirali ym. 2017
D	ACEMA64	7388	0,44	0,56	0,41	0,47	0,49	0,56	0,32	0,54	0,30	0,34-0,38	Do ym. 2013
M	ACEMA64	4773	0,47	0,48	0,48	0,49	0,57	0,55	0,54	0,71	0,32	0,34-0,36	Do ym. 2013
Y	ACEMA64	4751	0,51	0,56	0,56	0,51	0,53	0,59	0,47	0,63	0,32	0,39-0,40	Do ym. 2013
M-D-Y	ryhmäruokinta a	1162	0,32	0,37		0,60				0,56			Rohrer ym. 2013
M-D-Y	ryhmäruokinta b	1162	0,30	0,48		0,70				0,49			Rohrer ym. 2013
D	FIRE	547		0,38	0,18			0,42					Chen ym. 2010b
	ACEMA c	344	0,24	0,36	0,46	0,28	0,39	0,53	0,51	0,48	0,34		Schulze ym. 2001
	ACEMA d	219	0,15	0,40	0,39	0,45	0,35	0,46	0,42	0,54	0,41		Schulze ym. 2001
Y	ACEMA48	3710	0,43	0,36	0,42	0,45	0,53	0,49	0,31	0,65	0,19		Labroue ym. 1997
M	ACEMA48		0,42	0,44	0,42	0,54	0,49	0,50	0,41	0,60	0,20		Labroue ym. 1997
M-Y	ACEMA48	3188	0,43	0,43	0,22	0,42	0,51	0,44	0,43	0,54	0,19	0,18	Von Felde ym. 1996

NVD = syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl), TPD = syöntiaika päivässä (min), DFI = rehunkulutus päivässä (g), TPV = yhden syöntikerran kesto (min), FPV = yhden syöntikerran rehunkulutus (g), FR = syöntinopeus (g/min), ADG = päiväkasvu (g), BF = selkäsilavan paksuus (mm), FCR = rehunmuuntokerroin (kg/kg), RFI = residuaalinen syönti, RJ = kokeessa käytetty ruokintajärjestelmä. ACEMA, FIRE, IVOG ja SCHAUER ovat erilaisia ruokinta-automaattimerkkejä. n= eläinten lukumäärä kokeessa, M = maatiainen, Y = yorkshire, D =duroc, MG = MaxGro, a = perinteisesti määritetty periytymisaste Rohrer ym. 2013 tutkimuksessa, b = genomisesti määritetty periytymisaste Rohrer ym. 2013 tutkimuksessa, c = joka toisen viikon ruokinta-automaattillisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, d = koko koejakson ruokinta-automaattillisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, e = periytymisasteiden laskentaan käytetty 3 eri mallia Lu ym. 2017 tutkimuksessa

6.3 Korrelaatiot

Korrelaatioiden tarkastelu on jaettu kolmeen osaan: syöntikäyttäytymisominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot (Taulukko 10), syöntikäyttäytymis ja tuotanto-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot (Taulukko 11) sekä tuotanto-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot (Liite 2). Tuotanto-ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot eivät olleet pääasiallinen kiinnostuksen kohde, mutta eri tutkimusten tulokset esitetään Liitteessä 2.

6.3.1 Syöntikäyttäytymisominaisuuksien väliset korrelaatiot

Syöntikäyttäytymisominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot ovat olleet suurimmaksi osaksi samojen ominaisuusparien välillä kuin muissa vertailututkimuksissa (Taulukko 10). Tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita oli useampien ominaisuusparien välillä kokeen alkupuolella (koejaksot 1 ja 2) kuin kokeen loppupuolella (koejakso 5). Vaikuttaa siis siltä, että ominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot voivat heiketä iän myötä.

Korkeimmat positiiviset korrelaatiot saatiin tässä tutkimuksessa seuraavien ominaisuusparien välillä: yhden syöntikerran kesto ja yhden syöntikerran rehunkulutus, yhden syöntikerran rehunkulutus ja syöntinopeus sekä syöntikertojen lukumäärä päivässä ja syötiin käytetty aika päivässä (Taulukko 10). Myös useimmissa muissa tutkimuksissa on havaittu positiivinen geneettinen yhteys näiden ominaisuusparien välillä (Taulukko 10). Yhden syöntikerran keston ja rehunkulutuksen välinen positiivinen geneettinen yhteys on ollut johdonmukaisesti liki kaikissa tutkimuksissa, vain Schulze ym. (2001) tutkimuksen toisessa osajoukossa korrelaatio oli matala (Taulukko 10).

Rehunkulutus päivässä ja syöntinopeus, sekä syötiin käytetty aika päivässä ja yhden syöntikerran kesto ovat ominaisuuspareja, joiden välinen positiivinen korrelaatio ilmeni tässä tutkimuksessa vain osalla koejaksoista (Taulukko 10). Vertailututkimuksissa sen sijaan nämä positiiviset geneettiset yhteydet on havaittu hyvin johdonmukaisesti, joten

on todennäköistä, että nämä geneettiset yhteydet ovat olemassa (Taulukko 10). Rehunkulutuksen ja syöntinopeuden välinen geneettinen yhteys oli kaikissa vertailututkimuksissa ja päivittäisen syöntiajan ja yhden syöntikerran keston välinen geneettinen yhteys oli kaikissa vertailututkimuksissa lukuun ottamatta Von Felden ym. (1996) tutkimusta. On vaikea tietää, miksi päivittäisen rehunkulutuksen ja syöntinopeuden sekä päivittäisen syöntiin käytetyn ajan ja yhden syöntikerran keston väliset geneettiset korrelaatiot eivät ilmenneet tässä tutkimuksessa yhtä selkeästi kuin muissa tutkimuksissa. Päivittäinen syöntiin käytetty aika ja rehunkulutus päivässä on ominaisuuspari, jolla ei ollut geneettistä korrelaatiota millään koejaksolla, mutta melko monessa muussa tutkimuksessa ominaisuusparin välinen geneettinen yhteys on ollut havaittu, joten sen olemassaolo on todennäköinen (Taulukko 10).

Tässä tutkimuksessa voimakkaimmat negatiiviset geneettiset korrelaatiot olivat seuraavien ominaisuusparien välillä: syöntikertojen lukumäärä päivässä ja yhden syöntikerran rehunkulutus, syöntiin käytetty aika päivässä ja syöntinopeus sekä syöntikertojen lukumäärä päivässä ja yhden syöntikerran kesto. Päivittäisten syöntikertojen lukumäärän ja yhden syöntikerran rehunkulutuksen välinen negatiivinen geneettinen korrelaatio oli myös kaikissa vertailututkimuksissa, joten korrelaatio on hyvin todennäköisesti olemassa (Taulukko 10). Päivittäisen syöntiin käytetyn ajan ja syöntinopeuden välinen negatiivinen geneettinen korrelaatio näyttää myös hyvin ilmeiseltä vertailututkimusten valossa, sillä tämä yhteys on ollut kaikissa muissa tutkimuksissa lukuun ottamatta Lu ym. (2017) tutkimusta. Syöntikertojen lukumäärän ja päivittäisen syöntiin käytetyn ajan välinen negatiivinen yhteys ei ole aivan yhtä selkeä edellisiin verrattuna, sillä tämä yhteys on ollut kuudessa vertailututkimuksessa, mutta viidessä vertailututkimuksessa yhteyttä ei oltu havaittu (Taulukko 10).

Yhden syöntikerran kesto ja syöntinopeus on ominaisuuspari, jolla oli negatiivinen geneettinen korrelaatio vain koejaksoilla 2 ja 5. Vertailututkimuksissa ominaisuusparin välillä on ollut yhteys melko johdonmukaisesti, vain Von Felde ym. (1996) tutkimuksessa ja Schulze ym. (2001) tutkimuksen toisessa eläinjoukossa yhteyttä ei ole ollut. Näin ollen ominaisuusparin välillä on todennäköisesti geneettinen yhteys.

Taulukko 10. Syöntikäyttäytymisominaisuuksien geneettisten korrelaatioiden vertailu

Rotu	RJ	NVD, TPD	NVD, DFI	NVD, TPV	NVD, FPV	NVD, FR	TPD, DFI	TPD, TPV	TPD, FPV	TPD, , FR	DFI, TPV	DFI, FPV	DFI, FR	TPV, FPV	TPV, FR	FPV, FR	Lähde
M	SCHAUER	+	NS	-*	-*	-	NS	+	-	-*	NS	+	+	+	-	+	Riihimäki 2019
Y	SCHAUER	+	NS	-*	-*	-	+	+	-	-*	NS	+	+	+	-	+	Kavлак ja Uimari 2019
D	FIRE	+	NS				+										Ding ym. 2018
D	FIRE	+	+	-*	-*	-*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Lu ym. 2017
D	ACEMA64	+	+	-*	-*	NS	+	+	NS	NS	NS	NS	+	+	NS	NS	Do ym. 2013
M	ACEMA64	+	NS	-*	-*	NS	+	+	NS	NS	NS	NS	+	+	NS	NS	Do ym. 2013
Y	ACEMA64	NS	NS	-*	-*	NS	+	+	NS	NS	NS	NS	+	+	NS	NS	Do ym. 2013
M-D-Y	ryhmäruokinta	+		NS				+									Rohrer ym. 2013
	ACEMA c	+	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	+	+	+	+	NS	+	Schulze ym. 2001
	ACEMA d	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	Schulze ym. 2001
Y	ACEMA48	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	+	+	+	+	NS	+	Labroue ym. 1997
M	ACEMA48	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	+	+	+	+	NS	NS	Labroue ym. 1997
M-Y	ACEMA48	+	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	+	+	+	+	NS	+	Von Felde ym. 1996

NVD = syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl), TPD = syöntiaika päivässä (min), DFI = rehunkulutus päivässä (g), TPV = yhden syöntikerran kesto (min), FPV = yhden syöntikerran rehunkulutus (g), FR = syöntinopeus (g/min), RJ = kokeessa käytetty ruokintajärjestelmä. ACEMA, FIRE, IVOG ja SCHAUER ovat erilaisia ruokinta-automaattimerkkejä. M = maatiainen, Y = yorkshire, D =duroc, MG = MaxGro c = joka toisen viikon ruokinta-automaattillisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, d = koko koejakson ruokinta-automaattillisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, -* = tilastollisesti merkitsevä negatiivinen geneettinen korrelaatio kaikilla koejaksoilla, +* tilastollisesti merkitsevä positiivinen geneettinen korrelaatio jokaisella koejaksoilla, NS = ei tilastollisesti merkitsevää geneettistä korrelaatiota millään koejaksoilla, - = tilastollisesti merkitsevä negatiivinen geneettinen korrelaatio vähintään yhdellä koejaksoilla, + = tilastollisesti merkitsevä positiivinen geneettinen korrelaatio vähintään yhdellä koejaksoilla, +/- = osalla koejaksoista/mittauksista positiivinen geneettinen korrelaatio ja osalla koejaksoista/mittauksista negatiivinen geneettinen korrelaatio, tilastollisen merkitsevyyden merkitsevyystasona $p < 0,05$.

6.3.2 Syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien väliset korrelaatiot

Tässä tutkimuksessa syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien välillä ainoa jokaisella koejaksolla ollut tilastollisesti merkitsevä geneettinen korrelaatio oli päivittäisen rehunkulutuksen ja päiväkasvun välinen korrelaatio (0,70 – 0,92). Tämä geneettinen korrelaatio on ollut myös kaikissa kuudessa vertailututkimuksessa (Taulukko 11). Korrelaatio liittyy rehunkäyttökykyyn ja on tärkeä syy sille, miksi elektronisia ruokinta-automaatteja on aikanaan kehitetty.

Päivittäisen rehunkulutuksen ja rehunmuuntokertoimen välillä oli positiivinen tilastollisesti merkitsevä geneettinen korrelaatio (0,36 – 0,47) koejaksoilla 3 – 5. Tämä tilastollisesti merkitsevä geneettinen korrelaatio oli myös Kavlakin ja Uimarin (2019), Ding ym. (2018), Do ym. (2013) ja Schulze ym. (2001) tutkimuksissa, mutta korrelaatiota ei ollut Labrouen ym. (1997) eikä Von Felden ym. (1996) tutkimuksissa (Taulukko 11). Todennäköisesti ominaisuusparin välinen korrelaatio on olemassa.

Tässä tutkimuksessa ei ilmennyt tilastollisesti merkitsevää geneettistä korrelaatiota päivittäisen rehunkulutuksen ja selkäsilavan paksuuden välillä vaikka muissa tutkimuksissa ominaisuusparin välillä on ollut geneettinen yhteys (Taulukko 11). Syytä korrelaation puuttumiseen ei keksitty, mutta korrelaation puuttumisen taustalla voi olla sama seikka kuin selkäsilavan matalan periytymisasteen taustalla on.

Useimmissa tutkimuksissa on ollut positiivinen geneettinen korrelaatio yhden syöntikerran keston ja päivittäisen rehunkulutuksen välille sekä yhden syöntikerran keston ja selkäsilavan paksuuden välille, vaikka tässä tutkimuksessa näitä korrelaatioita ei ilmennyt (Taulukko 11). Myös yhden syöntikerran rehunkulutuksen ja päivittäisen rehunkulutuksen välillä sekä yhden syöntikerran rehunkulutuksen ja selkäsilavan paksuuden välillä on ollut positiivinen geneettinen korrelaatio useimmissa tutkimuksissa, vaikka tässä tutkimuksessa näitä korrelaatioita ei ollut (Taulukko 11). Todennäköisesti myös syöntinopeuden ja päivittäisen rehunkulutuksen sekä syöntinopeuden ja

selkäsilavan paksuuden välillä on positiiviset geneettiset korrelaatiot, vaikka niitä ei tässä tutkimuksessa havaittu (Taulukko 11). Positiiviset geneettiset korrelaatiot ovat syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien välillä yleisempiä kuin negatiiviset geneettiset korrelaatiot (Taulukko 11).

Tässä tutkimuksessa ei ollut tuotanto-ominaisuuksien (kasvunopeus, rehunmuuntokerroin ja selkäsilavan paksuus) välisiä tilastollisesti merkitseviä geneettisiä korrelaatioita. Useissa muissa tutkimuksissa päivittäisen rehunkulutuksen ja selkäsilavan paksuuden välillä on ollut positiivinen geneettinen korrelaatio (Liite 2). Sen sijaan tulokset päivittäisen rehunkulutuksen ja rehunmuuntokertoimen sekä selkäsilavan paksuuden ja rehunmuuntokertoimen välillä ovat ristiriitaisia eri tutkimuksissa (Liite 2).

Taulukko 11. Syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien geneettisten korrelaatioiden vertailu

Rotu	RJ	NVD, ADG	NVD, BF	NVD, FCR	NVD, RFI	TPD, ADG	TPD, BF	TPD, FCR	TPD, RFI	DFI, ADG	DFI, BF	DFI, FCR	DFI, RFI	TPV, ADG	TPV, BF	TPV, FCR	TPV, RFI	FPV, ADG	FPV, BF	FPV, FCR	FPV, RFI	FR, ADG	FR, BF	FR, FCR	FR, RFI	Lähde
M	SCHAUER	NS	NS	NS		NS	NS	NS		+	NS	+		NS	NS	NS		NS	NS	+		NS	NS	NS		Riihimäki 2019
Y	SCHAUER	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	+	+	+	+	+	+	+	NS	NS	+	+	+	NS	+	+	NS	NS	Kavlak ja Uimari 2019
D	FIRE			+	NS			NS	+			+	+													Ding ym. 2018
D	FIRE	-*	-*		+	+	+		+	+	+		+	+	NS		NS	+	+		+	+	+		+	Lu ym. 2017
D	ACEMA64	-*	NS	+	+	+	NS	NS	+	+	+	+	+	+	+	-*	-*	+	+	-*	-*	NS	NS	+	+	Do ym. 2013
M	ACEMA65	-*	-*	+	+	NS	NS	+	+	+	+	+	+	+	+	-*	-*	+	+	-*	-	+	+	NS	NS	Do ym. 2013
Y	ACEMA66	-*	-*	+	+	+	NS	NS	+	+	+	+	+	+	+	-*	-*	+	+	NS	+/-	+	+	+	+	Do ym. 2013
M-D-Y	ryhmäruokinta		+				+								+											Rohrer ym. 2013
	ACEMA c	-*	-*	NS		NS	NS	NS		+	+	+		+	+	NS		+	+	NS		+	+	NS		Schulze ym. 2001
	ACEMA d	NS	NS	NS		NS	NS	NS		+	+	+		NS	NS	NS		NS	+	NS		NS	+	+		Schulze ym. 2001
Y	ACEMA48	-*	-*	NS		NS	NS	NS		+	+	NS		+	+	+		+	+	NS		+	+	NS		Labroue ym. 1997
M	ACEMA48	NS	-*	NS		+	+	+		+	+	NS		+	+	+		+	+	NS		+	+	-*		Labroue ym. 1997
M-Y	ACEMA48	NS	NS	NS	NS	+	+	NS	+	+	+	NS	+	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	+	+	NS	+	Von Felde ym. 1996

NVD = syöntikertojen lukumäärä päivässä (kpl), TPD = syöntiaika päivässä (min), DFI = rehunkulutus päivässä (g), TPV = yhden syöntikerran kesto (min), FPV = yhden syöntikerran rehunkulutus (g), FR = syöntinopeus (g/min), ADG = päiväkasvu (g), BF = selkäsilavan paksuus (mm), FCR = rehunmuuntokerroin (kg/kg), RFI = residuaalinen syönti, RJ = kokeessa käytetty ruokintajärjestelmä. ACEMA, FIRE, IVOG ja SCHAUER ovat erilaisia ruokinta-automaattimerkkejä. M = maatiainen, Y = yorksire, D = duroc, MG = MaxGro c = joka toisen viikon ruokinta-automaattisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, d = koko koejakson ruokinta-automaattisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, -* = tilastollisesti merkitsevä negatiivinen geneettinen korrelaatio kaikilla koejaksoilla, +* tilastollisesti merkitsevä positiivinen geneettinen korrelaatio jokaisella koejaksolla, NS = ei tilastollisesti merkitsevää geneettistä korrelaatiota millään koejaksolla, - = tilastollisesti merkitsevä negatiivinen geneettinen korrelaatio vähintään yhdellä koejaksolla, + = tilastollisesti merkitsevä positiivinen geneettinen korrelaatio vähintään yhdellä koejaksolla, +/- = osalla koejaksoista/mittauksista positiivinen geneettinen korrelaatio ja osalla koejaksoista/mittauksista negatiivinen geneettinen korrelaatio, tilastollisen merkitsevyyden merkitsevyystasona $p < 0,05$.

6.4 Sukupuolten ratkaisut

Tulosten perusteella sukupuoli vaikuttaa syöntikäyttäytymiseen. Imisät käyttivät vähemmän aikaa syömiseen kuin leikot ja saman tuloksen olivat saaneet Brown-Brandl ym. (2013) tutkimuksessaan. Imisät myös söivät vähemmän rehua sekä päivässä että kerralla kuin leikot ja saman olivat havainneet myös Andretta ym. (2016) tutkimuksessaan. Myös Oliveira ym. (2015) mukaan imisien päivittäinen rehunkulutus on leikkoja pienempi. Tässä tutkimuksessa sukupuolella ei ollut vaikutusta syöntinopeuteen, mutta Andretta ym. (2016) mukaan imisät syövät leikkoja hitaammin.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella imisät kasvoivat hitaammin, olivat ohutsilavaisempia ja rehunmuuntokertoimeltaan parempia kuin leikot. Myös Oliveira ym. (2015) tutkimusten perusteella imisillä oli parempi rehunmuuntokerroin kuin leikoilla ja imisät olivat leikkoja ohutsilavaisempia. Päiväkasvussa Oliveira ym. (2015) eivät havainneet imisien ja leikkojen välillä tilastollisesti merkitsevää eroa.

6.5 Perinnöllinen edistyminen

Syöntikäyttäytymisominaisuudet eivät ole suoraan jalostusvalinnan kohteena, mutta ovat voineet muuttua epäsuoran valinnan kautta. Syöntikäyttäytymisominaisuuksien perinnöllisestä edistymisestä on vähän tutkimustuloksia. Young ym. (2011) vertasi residuaalisen syönnin suhteen jalostettua linjaa kontrollilinjaan ja tutki syöntikäyttäytymisominaisuuksien eroja linjojen välillä. Tämän tutkimuksen mukaan yhden syöntikerran rehunkulutus on kasvanut vuonna 2010 syntyneistä vuonna 2016 syntyneisiin, mutta Young ym. (2011) mukaan valinta residuaalisen syönnin perusteella ei ole aiheuttanut perinnöllistä muutosta yhden syöntikerran rehunkulutukseen. Todennäköisesti yhden syöntikerran rehunkulutuksen perinnöllisen muutoksen taustalla on jokin muu ominaisuus kuin residuaalinen syönti. Young ym. (2011) havaitsivat perinnöllistä muutosta seuraavissa ominaisuuksissa: päivittäinen rehunkulutus, päivittäinen syöntiin käytetty aika, yhden syöntikerran kesto, päivittäisten syöntikertojen lukumäärä ja syöntinopeus, mutta näissä ominaisuuksissa ei ilmennyt selkeää perinnöllistä muutosta tässä tutkimuksessa.

Tuotanto-ominaisuuksissa odotettiin tapahtuneen perinnöllistä edistymistä, sillä kyseiset ominaisuudet ovat mukana jalostusohjelmassa. Rehunmuuntokertoimessa ja kasvunopeudessa perinnöllistä edistystä oli tapahtunut odotusten mukaisesti. Maatiaisen kasvunopeus parantui tämän tutkimuksen mukaan noin 15 g/d kuuden vuoden aikana, eli noin 2,5 grammaa vuodessa. Perinnöllinen edistyminen oli hyvin samansuuntaista kuin Lopez ym. (2018) tutkimuksessa, jossa päiväkasvun kehitys oli keskimäärin 2,3 g/d vuodessa vuonna 1999 syntyneistä vuonna 2016 syntyneisiin.

Rehunmuuntokertoimen edistys (-0,04 kg/kg) oli hieman pienempää tämän tutkimuksen kuuden vuoden pituisessa seurannassa verrattuna Do ym. (2013) tutkimukseen, jossa maatiaisen rehunmuuntokerroin kehittyi 3 vuodessa (2008-2011) noin -0,08 kg/kg. Durocilla (-0,12 kg/kg) ja yorkshirella (-0,10 kg/kg) rehunmuuntokertoimen perinnöllinen edistyminen oli maatiaista nopeampaa kolmen vuoden pituisella tarkastelujaksolla (Do ym. 2013).

Lopez ym. (2018) tutkimuksessa maatiaisen selkäsilavan paksuuden kehitys oli samansuuntaista kuin tutkimuksessamme, selkeää trendiä ei ollut havaittavissa läpi tarkastelujakson. Lopezin ym. (2018) tutkimuksessa selkäsilavan paksuutta seurattiin vuodesta 1999 vuoteen 2016. Lopez ym. (2018) arvioivat, että selkäsilavan paksuuden geneettiset korrelaatiot muihin jalostettaviin ominaisuuksiin ja kuluttajien mieltymysten muutokset ovat voineet vaikuttaa selkäsilavan paksuuden epäjohdonmukaiseen geneettiseen trendiin. Yorkshirella selkäsilavan paksuuden geneettinen kehitys oli vielä epäjohdonmukaisempi kuin maatiaisella Lopez ym. (2018) tutkimuksessa.

Yhteenvetona tämän tutkimuksen periytymisasteiden ja geneettisten korrelaatioiden tulokset olivat samansuuntaisia muiden tutkimusten kanssa lukuun ottamatta selkäsilavan paksuuteen liittyviä tuloksia. Syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteet olivat hieman matalampia kuin vertailututkimuksissa keskimäärin. Syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien välisiä geneettisiä korrelaatioita oli vähemmän kuin useimmissa vertailututkimuksissa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Syöntikäyttäytymisominaisuudet periytyvät keskimääräisesti suomalaisella maatiaisrodulla. Koejakso vaikuttaa periytymisasteisiin ja 4000 eläimen otoskoko on riittävä geneettiseen analyysiin. Useissa tutkimuksissa sikojen syöntikäyttäytymisominaisuuksien periytymisasteiden on havaittu olevan jopa korkeita. Korkeiden periytymisasteiden taustalla voi olla se, ettei syöntikäyttäytymisominaisuuksia ole jalostettu, eikä niiden additiivinen geneettinen varianssi ole jalostusvalinnan seurauksena pienentynyt. Automaattisen mittaustavan objektiivisuus voi myös nostaa periytymisastetta pienentäen jäännösvaihtelua.

Syöntikäyttäytymisominaisuuksien välillä on useita selkeitä ja voimakkaita geneettisiä korrelaatiota eli syöntikäyttäytymisominaisuudet ovat yhteydessä toisiinsa. Sen sijaan syöntikäyttäytymis- ja tuotanto-ominaisuuksien välisistä yhteyksistä vain rehunkulutuksen ja päiväkasvun yhteys on selkeä.

Sukupuolella ja koejaksolla on vaikutusta sekä syöntikäyttäytymis- että tuotanto-ominaisuuksiin. Imisät ja karjut poikkeavat monen ominaisuuden suhteen leikoista; ne käyttävät vähemmän aikaa syömiseen päivässä ja yhdellä syöntikerralla sekä syövät vähemmän päivässä ja yhdellä syöntikerralla. Maatiaisien rehunmuuntokertoimessa ja päiväkasvussa on tapahtunut perinnöllistä edistymistä vuonna 2010 syntyneistä vuonna 2016 syntyneisiin. Syöntikäyttäytymisominaisuuksista perinnöllistä muutosta on tapahtunut syöntikerran rehunkulutuksessa ja tällä ominaisuudella voi olla yhteys jalostettaviin ominaisuuksiin, koska perinnöllistä muutosta on tapahtunut. Tutkimuksessa havaitut tuotanto- ja syöntikäyttäytymisominaisuuksien väliset korrelaatiot eivät selitä kehitystä.

Elektronisilla ruokintalaitteilla syöntikäyttäytymisen mittaaminen on vaivatonta ja saadut havainnot ovat yleensä luotettavia. Päivittäistä rehunkulutusta lukuun ottamatta syöntikäyttäytymishavaintoja ei pystytä ainakaan vielä käyttämään apuna taloudellisesti tärkeiden ominaisuuksien jalostamisessa. Sen sijaan syöntikäyttäytymishavaintoja voidaan käyttää apuna eläinten terveyden ja hyvinvoinnin seurannassa, sekä ruokinnan optimoinnissa. Esimerkkinä hyvinvointitiedosta eri rotuiset siat kannattaa kasvattaa omissa karsinoissaan, sillä eri rotuiset eläimet samassa karsinassa lisäävät hännän

purennan riskiä (Wallenbeck ja Keeling 2013). Terveystilan seurannan esimerkkinä on terveystilan luokittelu päivittäisen syöntiin käytetyn ajan perusteella (Brown-Brandl ym. 2013).

Syöntikäyttäytymisominaisuuksissa on useita mahdollisuuksia jatkotutkimuksiin. Olisi mielenkiintoista kehittää syöntikäyttäytymistietoihin perustuvia terveydentilaa kuvaavia indikaattorilukuja, joita voitaisi käyttää apuna tutkimussikaloiden lisäksi tavanomaisissa sikaloissa. Suomalaisten sikojen syöntikäyttäytymistä voisi tutkia myös lisää, sillä syöntikäyttäytymisaineistoa on kerätty Längelmäen testiasemalla pidemmältä ajalta kuin tässä tutkimuksessa käytettiin. Lisäksi syöntikäyttäytymisaktiivisuuden jakautumista valoisan ja pimeän ajan suhteen voisi tutkia, sillä helposti saatavilla olevaa aineistoa on olemassa.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää graduohjaajaani professori Pekka Uimaria ammattitaitoisesta ohjauksesta ja avusta gradun teon eri vaiheissa ja jatko-opiskelija Alper Kavlakia aineiston osittaiskäsittelystä sekä vertaistulosten laskennasta yorkshirella. Figen oy:ta haluan kiittää aineistosta, Ville Erkkilää ja Jouko Mannista sikalan käytännön tiedoista sekä kehityspäällikkö Kirsi Partasta lähdeartikkeleista. Opiskelukavereita haluan kiittää vertaistuesta ja eri ohjelmien käyttönikseistä gradun teon aikana.

LÄHTEET

- Andretta, I., Pomar, C., Kipper, M., Hauschild, L. & Rivest, J. 2016. Feeding behavior of growing-finishing pigs reared under precision feeding strategies. *Journal of Animal Science* 94: 3042-3050
- Baumung, R., Lercher, G., William, A. & Sölkner, J. 2006. Feed Intake Behaviour of different Pig Breeds during Performance Testing on Station. *Arch. Tierz.* 49: 77-88.
- Brown-Brandl, T. M., Rohrer, G. A. & Eigenberg, R. A. 2013. Analysis of feeding behavior of group housed growing-finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture* 96: 246-252.
- Bourdon, R. M. 2014. *Understanding Animal Breeding*. 2. painos. Edinburgh: Pearson. 514 s.
- Cai, W., Casey, D. S. & Dekkers, J. C. M. 2008. Selection response and genetic parameters for residual feed intake in Yorkshire swine. *Journal of Animal Science* 86: 287-298.
- Casey, D. S., Stern, H. & Dekkers, J. C. M. 2005. Identification of errors and factors associated with errors in data from electronic swine feeders. *Journal of Animal Science* 83: 969-982.
- Chen, C. Y., Misztal, I., Tsuruta, S., Zumbach, B., Herring, W. O., Holl, J. & Culbertson, M. 2010a. Estimation of genetic parameters of feed intake and daily gain in Durocs using data from electronic swine feeders. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 127: 230-234.
- Chen, C. Y., Misztal, S., Tsuruta, S., Herring, W. O., Holl, J. & Culbertson, M. 2010b. Influence of heritable social statuts on daily gain and feeding pattern in pigs. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 127: 107-112.
- Colpoys, J. D., Johnson, A. K. & Gabler, N. K. 2016. Daily feeding regimen impacts pig growth and behavior. *Physiology & Behavior* 159: 27-32.
- Coyne, J. M., Berry, D. P., Matilainen, K., Sevon-Aimonen, M-L., Mäntysaari, E. A., Juga, J., Serenius, T. & McHugh, N. 2017. Genetic co-variance functions for live weight, feed intake, and efficiency measures in growing pigs. *Journal of Animal Science* 95: 3822-3832.
- De Haer, L. C. M. & De Vries, A. G. 1993a. Feed intake patterns of and feed digestibility in growing pigs housed individually or in groups. *Livestock Production Science* 33: 277-292.
- De Haer, L. C. M., Luiting, P. & Aarts, H. L. M. 1993b. Relations among individual (residual) feed intake, growth performance and feed intake pattern of growing pigs in group housing. *Livestock Production Science* 36: 233-253.

Ding, R., Yang, M., Wang, X., Quan, J., Zhuang, Z., Zhou, S., Li, S., Xu, Z., Zheng, E., Cai, G., Liu, D., Huang, W., Yang, J. & Wu, Z. 2018. Genetic Architecture of Feeding Behavior and Feed Efficiency in a Duroc Pig Population. *Frontiers in Genetics* 9: 220.

Do, D. N., Strathe, A. B., Jensen, J., Mark, T. & Kadarmideen, H. N. 2013. Genetic parameters for different measures of feed efficiency and related traits in boars of three pig breeds. *Journal of Animal Science* 91: 4069-4079.

Falconer, D. S. & Mackay, T. F. C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4. painos. Edinburgh: Pearson. 464 s.

Faltys, G. L., Young, J. M., Odgaard, R. L., Murphy, R. B. & Lechtenberg, K. F. 2014. Technical note: Validation of electronic feeding stations as a swine research tool. *Journal of Animal Science* 92: 272-276.

Finnpig. 2019a. Eläinaines. <http://www.finnpig.fi/elainaines/> Viitattu 2.4.2019.

Finnpig. 2019b. Yritys. <http://www.finnpig.fi/yritys/> Viitattu 2.4.2019.

Guo, Y. M., Zhang, Z. Y., Ma, J. W., Ai, H. S., Ren, J. & Huang, L. S. 2015. A genomewide association study of feed efficiency and feeding behaviors at two fattening stages in a White Duroc x Erhualian F₂ population. *Journal of Animal Science* 93: 1481 – 1489.

Hoque, M. A., Kadowaki, H., Shibata, T., Oikawa, T. & Suzuki, K. 2009. Genetic parameters for measures of residual feed intake and growth traits in seven generations of Duroc pigs. *Livestock Science* 121: 45-49.

Juga, J., Maijala, K., Mäki-Tanila, A., Mäntysaari, E., Ojala, M. & Syväjärvi, J. 1999. *Kotieläinjalostus*. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino. 294 s.

Karhula, T. 2018. 2.4. Kotieläintuotanto. Teoksessa Niemi, J. & Väre, M. (toim.) *Suomen maa- ja elintarviketalous 2018*. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 100 s.

Kavlak, A. T. & Uimari, P. 2019. Estimation of heritability of feeding behavior traits and their correlation with production traits in Finnish Yorkshire pigs.

Kennedy, B. W., Van der Werf, J. H. & Meuwissen, T. H. 1993. Genetic and statistical properties of residual feed intake. *Journal of Animal Science* 71: 3239–3250.

Knap, P. W. 2014. Pig breeding goals in competitive markets. *Proceedings*. 10th WCGALP.

Komission päätös. 2008. Komission päätös Suomessa käytettävien sianruhojen luokitusmenetelmien hyväksymisestä.
<https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1996D0550:20080301:FI:PDF> Viitattu 4.4.2019.

Labroue, F., Gueblez, R. & Sellier, P. 1997. Genetic parameters of feeding behaviour and performance traits in group-housed Large White and French Landrace growing pigs. *Genet. Sel. Evol* 29: 451-468.

Lehtonen, H. 2010. Tilasiemenen ja asemasiemenen vertailu porsastuotannossa. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/22182/Lehtonen_Hanne.pdf;jsessionid=FABDFCDB7616D9390B0195BB3081D54D?sequence=1 Viitattu 2.4.2019.

Li, Y. Z. & Johnston, L. J. 2009. Behavior and performance of pigs previously housed in large groups. *Journal of animal Science* 87: 1472-1478.

Lopez, B. I. M., Song, C. & Seo, K. 2018. Genetic parameters and trends for production traits and their relationship with litter traits in Landrace and Yorkshire pigs. *Animal Science Journal* 89: 1381-1388.

Lu, D., Jiao, S., Tiezzi, F., Knauer, M., Huang, Y., Gray, K. A. & Maltecca, C. 2017. The relationship between different measures of feed efficiency and feeding behavior traits in Duroc pigs. *Journal of Animal Science* 95: 3370-3380.

Madsen, P. & Jensen, J. 2013. A User's Guide to DMU. A Package for analysing Multivariate Mixed Models. Version 6, release 5.2. 32 s.

Mälkiä, P. 2017. Suomessa jalostettu sika kehittyy Herra Snellmanin suojattina. *KMVET* 4: 18-23.

NAV 2019. Perinnöllinen edistyminen. <https://www.nordicebv.info/fi/ntm-and-breeding-values/genetic-trends/> Viitattu 14.4.2019.

Nielsen, B. L., Lawrence, A. B. & Whittemore, C. T. 1995. Effects of single-space feeder design on feeding behaviour and performance of growing pigs. *Animal Science* 61: 575-579.

Niemi, J. 2014. 2.4. Kotieläintuotanto. Teoksessa Niemi, J. & Ahlstedt, J. (toim.) Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2014. MTT Taloustutkimus. Helsinki. 100 s.

Oliveira, E. A., Bertol, T. M., Coldebela, A., Santos Filho, J. I., Scandolera, A. J. & Warpechowski, M. B. 2015. Live performance, carcass quality, and economic assessment of over 100 kg slaughtered pigs. *Arg. Bras. Med. Vet. Zootec.* 67 (6): 1743-1750.

Patterson, H. D. & Thompson, R. 1971. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58: 545-554.

Rauw, W. M., Kanis, E., Noordhuizen-Stassen, E. N. & Grommers, F. J. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science* 56: 15-33.

Rauw, W. M., Soler, J., Tibau, J., Reixach, J. & Gomez Raya, L. 2006a. The relationship between residual feed intake and feed intake behavior in group-housed Duroc barrows. *Journal of Animal Science* 84: 956-962.

- Rauw, W. M., Soler, J., Tibau, J., Reixach, J. & Gomez Raya, L. 2006b. Feeding time and feeding rate and its relationship with feed intake, feed efficiency, growth rate, and rate of fat deposition in growing Duroc barrows. *Journal of Animal Science* 84: 3404-3409.
- Reyer, H., Shirali, M., Ponsuksili, S., Murani, E., Varley, P. F., Jensen, J. & Wimmers, K. 2017. Exploring the genetics of feed efficiency and feeding behaviour traits in a pig line highly selected for performance characteristics. *Mol Genet Genomics* 292: 1001-1011.
- Rohrer, G. A., Brown-Brandl, T., Rempel, L. A., Schneider, J. F. & Holl, J. 2013. Genetic analysis of behavior traits in swine production. *Livestock Science* 157: 28-37.
- Rothschild, M. F. & Ruvinsky, A. 2011. *The genetics of the pig*. 2. painos. Cambridge, USA: CAB International. 507 s.
- Ruokatieto. 2018. Tietohaarukka – Tilastotietoa elintarvikealasta. Ruokatietoyhdistys ry.
- Rydhmer, L. & Canario, L. 2013. *Behavioral Genetics in Pigs and Relations to Welfare*. Teoksessa Granding, T. & Deesing, Mj. 2014. *Genetics and the Behavior of Domestic Animals*, 2nd Edition. 2. painos. Usa: Elsevier academic press. 485 s.
- Saintilan, R., Merour, I., Brossard, L., Tribout, T., Dourmad, J. Y., Sellier, P., Bidanel, J., Van Milgen, J. & Gilbert, H. 2013. Genetics of residual feed intake in growing pigs: Relationships with production traits, and nitrogen and phosphorus excretion traits. *Journal of Animal Science* 91: 2542-2554.
- Schulze, V., Roehe, R., Looft, H. & Kalm, E. 2001. Effects of continuous and periodic feeding by electronic feeders on accuracy of measuring feed intake information and their genetic association with growth performances. *Journal of Animal Breeding Genetics* 118: 403-416.
- Serenius, T & Muhonen, P. 2007. Economic values of pork production related traits in Finland. *Agricultural and Food Science* 16: 79-88.
- Shirali, M., Varley, P. F. & Jensen, J. 2017. Longitudinal genetic dissection of feed efficiency and feeding behaviour in MaxGro pigs. *Livestock Science* 199: 79-85.
- Snellman. 2019. Snellman-konserni. <https://www.snellmangroup.fi/> Viitattu 2.4.2019.
- Stranden, I. 2014. *RelaX2: Program for pedigree analysis User's guide for version 1.65*. 81 s.
- Von Felde, A., Roehe, R., Looft, H. & Kalm, E. 1996. Genetic association between feed intake and feed intake behaviour at different stages of growth of group- housed boars. *Livestock Production Science* 47: 11-22.

Wallenbeck, A. & Keeling, L. J. 2013. Using data from electronic feeders on visit frequency and feed consumption to indicate tail biting outbreaks in commercial pig production. *Journal of Animal Science* 91: 2879-2884.

Xin, W., Li, X., Zhang, F., Yan, G., Ding, N., Huang, L. & Zhang, Z. 2016. A multi-population survey on swine feeding behavior with electronic feeding devices. *Archives Animal Breeding* 59: 445-452.

Yoder, C. L., Duttlinger, V. M. & Baas, T. J. 2014. Estimates of genetic parameters associated with lactation feed intake and growth and composition traits measured during a performance test. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 132: 247-255.

Young, J. M., Cai, W. & Dekkers, J. C. M. 2011. Effect of selection for residual feed intake on feeding behavior and daily feed intake patterns in Yorkshire swine. *Journal of Dairy Science* 89: 639-647.

Young, R. J. & Lawrence, A. B. 1994. Feeding behavior of pigs in groups monitored by a computerized feeding system. *Animal Production* 58: 145-152.

Liitteet:

Liite 1. Periytymisaste, korrelaatio ja perinnöllinen edistyminen – lyhyt teoria

Periytymisaste on additiivisen geneettisen vaihtelun osuus kokonaisvaihtelusta ja kuvaa ominaisuuden jalostettavuutta (Juga ym. 1999, s. 284). Periytymisasteet ovat populaatio- ja olosuhdekohtaisia (Juga ym. 1999, s. 284). Periytymisasteet voidaan luokitella seuraavasti: matala: $h^2 < 0,2$, keskimääräinen: $0,2 < h^2 < 0,4$ ja korkea $h^2 > 0,40$ (Bourdon 2014, s. 165). Tuotanto-ominaisuuksien periytymisasteet ovat yleensä korkeampia kuin lisääntymisominaisuuksien (Rothschild ja Ruvinsky 2011, s. 223 ja s. 334).

Korrelaatio kuvaa ominaisuuksien välistä riippuvuutta ja voi olla geneettistä tai fenotyyppistä (Juga ym. 1999, s. 282). Korrelaatiokerroin on aina lukuarvo välillä $[-1; 1]$ (Juga ym. 1999, s. 282). Geneettinen korrelaatio ominaisuuksien välillä johtuu geenien kytkeytymisestä ja pleiotropiasta (Falconer ja Mackay 1996). Ominaisuudet, joiden välinen geneettinen korrelaation on matala tai joiden välillä ei ole geneettistä korrelaatiota, eivät ole kytkeytyneitä ja tällaisia ominaisuuksia voidaan jalostaa toisistaan irrallisina (De Haer ym. 1993b).

Perinnöllistä edistymistä odotetaan jalostettavissa ominaisuuksissa, kuten kasvunopeudessa, selkäsilavan paksuudessa, rehunmuuntokyvyssä ja pahnuekoossa (Rothschild ja Ruvinsky 2011). Perinnöllinen edistyminen kuvaa, miten populaatio on kehittynyt vuosien varrella ja eteneekö jalostus toivottuun suuntaan kyseisessä ominaisuudessa (NAV 2019). Perinnöllistä edistystä ei odoteta ominaisuuksissa, joita ei jalosteta, mutta niissäkin voi tapahtua perinnöllistä muutosta geneettisten korrelaatioiden kautta.

Liite 2. Tuotanto-ominaisuuksien geneettisten korrelaatioiden vertailu

Taulukko 12. Tuotanto-ominaisuuksien geneettisten korrelaatioiden vertailu

Rotu	RJ	ADG, BF	ADG, FCR	ADG, RFI	BF, FCR	BF, RFI	FCR, RFI	Lähde
M	SCHAUER	NS	NS		NS			Riihimäki 2019
Y	SCHAUER	+	+	+	+	+	+	Kavlak ja Uimari 2019
D	FIRE						+	Ding ym. 2018
D	FIRE					-		Lu ym. 2017
D	ACEMA64	+	-	NS	-	-	+	Do ym. 2013
M	ACEMA65	+	-	NS	NS	NS	+	Do ym. 2013
Y	ACEMA66	+	+	+	+	+	+	Do ym. 2013
M-D-Y	ryhmäruokinta							Rohrer ym. 2013
	ACEMA c	+	-		NS			Schulze ym. 2001
	ACEMA d	+	-		NS			Schulze ym. 2001
Y	ACEMA48	+	-		+			Labroue ym. 1997
M	ACEMA48	+	-		+			Labroue ym. 1997
M-Y	ACEMA48	+	-	+	NS	+	+	Von Felde ym. 1996

ADG = päiväkasvu (g), BF = selkäsilavan paksuus (mm), FCR = rehunmuuntokerroin (kg/kg), RFI = residuaalinen syöinti, RJ = kokeessa käytetty ruokintajärjestelmä. ACEMA, FIRE, IVOG ja SCHAUER ovat erilaisia ruokinta-automaattimerkkejä. M = maatiainen, Y = yorkshire, D = duroc, MG = MaxGro c = joka toisen viikon ruokinta-automaattillisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, d = koko koejakson ruokinta-automaattillisessa karsinassa ollut eläinjoukko Schulze ym. 2001 tutkimuksesta, - = tilastollisesti merkitsevä negatiivinen geneettinen korrelaatio kaikilla koejaksoilla, + = tilastollisesti merkitsevä positiivinen geneettinen korrelaatio jokaisella koejaksolla, NS = ei tilastollisesti merkitsevää geneettistä korrelaatiota millään koejaksolla, - = tilastollisesti merkitsevä negatiivinen geneettinen korrelaatio vähintään yhdellä koejaksolla, + = tilastollisesti merkitsevä positiivinen geneettinen korrelaatio vähintään yhdellä koejaksolla, +/- = osalla koejaksoista/mittauksista positiivinen geneettinen korrelaatio ja osalla koejaksoista/mittauksista negatiivinen geneettinen korrelaatio, tilastollisen merkitsevyyden merkitsevyystasona $p < 0,05$.